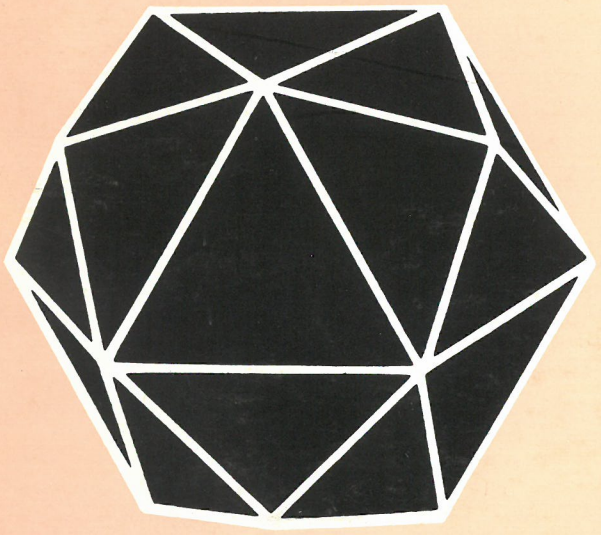
Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici

a cura del Centro Studi Informatica e Automazione Bull Italia



ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-46
RQDI 137

39
Anno XVI - Numero 2 - 1990

FPDM-46

Worldwide
Information
Systems

Bull

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno XVI - Numero 2 - 1990

Sommario

L'interazione tra l'uomo e il computer

Rendere più facile e naturale la comunicazione tra l'uomo e la macchina è oggi uno degli obiettivi di fondo della ricerca informatica. In questo ambito si stanno sperimentando nuove idee e soluzioni di grande interesse pratico e concettuale.

F. FILIPPAZZI

Innovazione tecnologica e innovazione organizzativa: la telematica nel settore bancario

Come cambia, o cambierà, la banca in rapporto alla introduzione delle tecnologie telematiche? Per rispondere a questo interrogativo, gli Autori hanno condotto una ricerca su un campione significativo di istituti di credito italiani.

R. CAMAGNI, R. CAPELLO

Introduzione al problema degli archivi

Attraverso un excursus storico che parte dalle realizzazioni primordiali del concetto di archivio, l'Autore arriva alle attuali soluzioni elettroniche, sintetizzandone i modelli, la organizzazione dei dati e i criteri di scelta.

L. FELICIAN

L'analisi delle strutture fisiche col metodo degli elementi finiti

Questo metodo di analisi ha applicazione in una grande varietà di problemi ingegneristici. Nato in tempi recenti, ha trovato nel computer lo strumento ideale per la pratica esplicazione delle sue potenzialità.

I. TANTURLI

Direttore Responsabile
Franco Filippazzi

Comitato di Redazione
Antonio Cicu, Carlo Falcetti, Paolo Lupo, Mario Nobile, Giulio Occhini, Fulvia Sala

Segreteria di Redazione
Elena Pighin

Redazione
Bull Italia
Centro Studi Informatica e Automazione
Via G.M. Vida, 11 - 20127 Milano

Stampa
tipolito Maggioni srl

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

«Quaderni di Informatica» ospita articoli e contributi di varia provenienza. La responsabilità delle opinioni espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli della rivista, o di parte di essi, è consentita solo citando la fonte e l'autore.

L'interazione tra l'uomo e il computer

FRANCO FILIPPAZZI (*)

Bull Italia
Centro Studi Informatica e Automazione
Milano

1. Il computer e l'universo delle macchine

Il modo in cui viviamo è caratterizzato dalla onnipresenza della macchina. Studiare modi ottimali per interagire con questi nostri partner è, quindi, un problema di fondo del nostro tempo. Bisogna dire che l'adattamento tra l'uomo e la macchina è avvenuto finora prevalentemente a senso unico, ossia è l'uomo che ha dovuto, di norma, adattarsi alle caratteristiche della macchina e non viceversa. Si è venuta, però, via via affermando la necessità di ribaltare il tradizionale approccio macchinocentrico e di dare la dovuta enfasi all'operatore umano.

In questa direzione ci si sta, in effetti, muovendo concretamente dedicando all'argomento sempre più risorse, capacità progettuali e inventiva.

Il mondo delle macchine è troppo esteso e multiforme per tentare di fare qui un discorso generale, che sarebbe inevitabilmente generico. Perciò non parlerò della interazione uomo-macchina *tout court,* ma della interazione tra l'uomo e una macchina specifica, ossia il computer.

Questa è certo una limitazione ma, in effetti, lo è assai meno di quanto possa apparire a prima vista. La ragione sta nel fatto che il computer sempre più costituisce un intermediario tra l'uomo da un lato e l'universo delle macchine dall'altro (fig. 1).

L'introduzione del computer cambia sostanzialmente il quadro dei sistemi uomo-macchina nel senso che i tradizionali problemi ergonomici diventano secondari, mentre assumono un ruolo centrale quelli cognitivi, attinenti cioè ai meccanismi con cui ragioniamo, elaboriamo le informazioni, prendiamo decisioni.

Progettare una interfaccia uomo-computer significa, quindi, entrare nella sfera mentale dell'operatore allo scopo di presentare le informazioni in modo ottimale, minimizzare gli sforzi mnemonici, facilitare il controllo di situazioni dinamiche complesse, guidare l'utente nella esecuzione di compiti e nella risoluzione di problemi.

Per entrare in argomento, può essere utile una breve retrospettiva storica dell'interazione uomo-computer. Si possono a tale proposito identificare alcune tappe significative, che mostrano, tra l'altro, come i successivi paradigmi di interazione siano correlati all'avvento di nuove tecnologie (fig. 2).

2. Evoluzione dei paradigmi di interazione

All'inizio dell'era dei computer troviamo, come mezzo di comunicazione, la *telescrivente,* un dispositivo elettromeccanico preesistente al computer. Il colloquio era, quindi, a quell'epoca, basato sullo scambio di messaggi registrati su carta, ossia il paradigma di interazione era *stampare.*

A parte la scarsa immediatezza dell'approccio, era soprattutto la logica dell'interazione a limitarne l'efficacia. Infatti, il dialogo riguardava più le modalità di funzionamento del computer che non il problema per cui questo veniva usato. In altre parole, l'interazione era centrata sullo strumento anzichè sull'applicazione.

Un grosso passo avanti fu realizzato nella seconda metà degli anni '60 con l'avvento della tecnologia *video.* Il video non è soltanto più veloce, ma apre un nuovo paradigma di comunicazione. Il nuovo schema di interazione è caratterizzato dal fatto che la macchina chiede via via all'utente come vuole proseguire nel suo lavoro, offrendogli una lista di possibili opzioni.

In altre parole, il paradigma di interazione si caratterizza nella facoltà di *"scegliere"*, nell'ambito di un *"menù"* proposto man mano dal computer.

In una prima fase, il menu è un elenco di opzioni descritte testualmente, ossia mediante delle frasi. La scelta viene effettuata generalmente battendo sulla tastiera il numero o la sigla che contraddistingue l'opzione desiderata.

In una seconda fase, con l'avvento del *videografico*, il menù viene presentato sullo schermo in modo figurativo, mediante immagini, le cosidette *"icone"*.

Nel nuovo paradigma, lo schermo non deve essere letto ma soltanto guardato e l'operazione di scegliere si trasforma in quella di *indicare.*

(*) Relazione introduttiva alla Riunione Annuale 1989 della Associazione Elettronica ed Elettrotecnica Italiana.

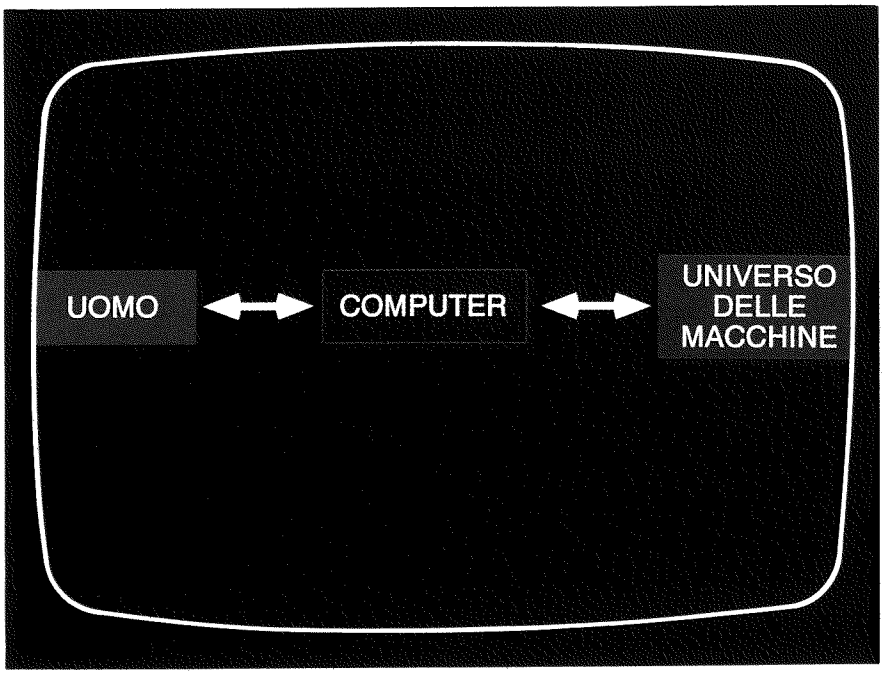


Fig. 1 - Il computer come intermediario tra l'uomo e l'universo delle macchine.

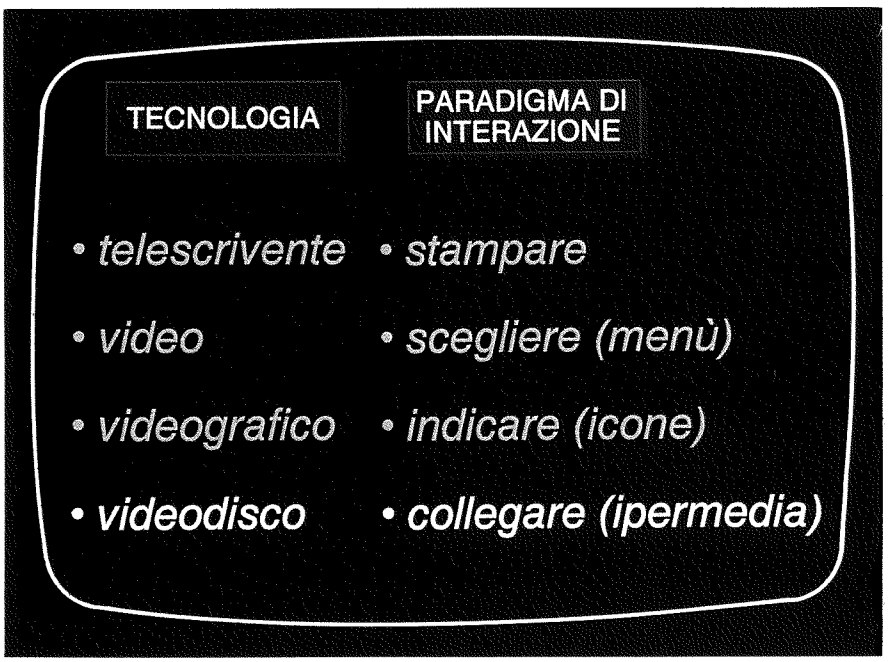


Fig. 2 - Evoluzione dei paradigmi di interazione uomo-computer e correlazione con l'avvento di nuove tecnologie.

L'utente deve semplicemente puntare il dito sulla icona prescelta per attivare l'attività che essa rappresenta. La scelta viene fatta mediante un dito elettronico, il cosidetto *"mouse"*, ma si può addirittura usare un dito reale nel caso di schermi sensibili al tatto (*touch screen*).

Il concetto di icona si accoppia a quello di *"finestra"*. Le finestre dividono lo schermo in una molteplicità di schermi virtuali, che si possono dimensionare, spostare, sovrapporre a piacere.

Questo paradigma in cui si visualizzano i concetti anzichè descriverli a parole, è nato nella seconda metà degli anni '70 in uno degli "scientific park" californiani dove si sperimentavano nuove idee sulle modalità di colloquio uomo-macchina, idee per quei tempi rivoluzionarie.

Questo nuovo paradigma rappresenta una pietra miliare nel processo di "banalizzazione" del computer.

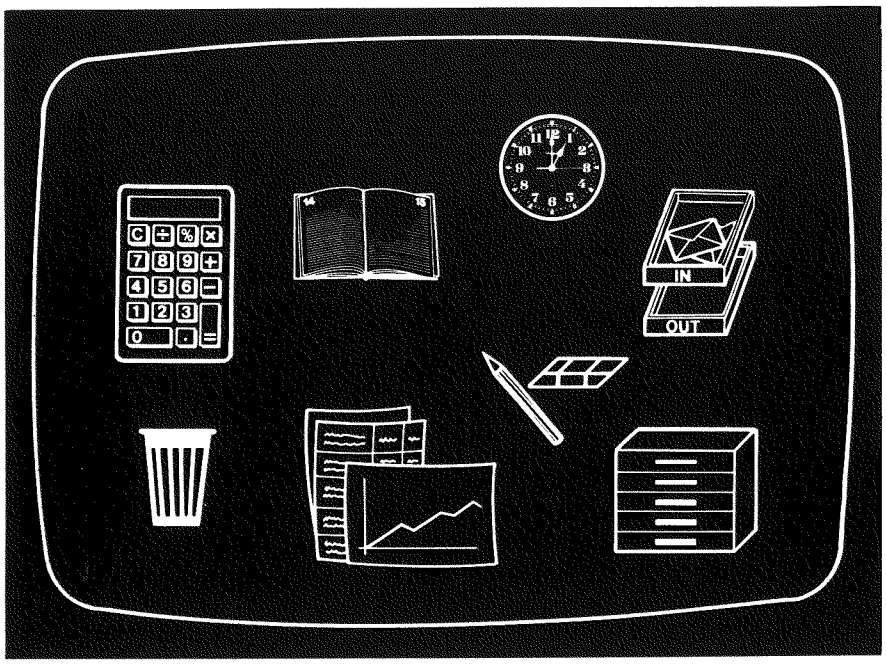
Basti pensare alla sua applicazione nell'ambito della automazione d'ufficio attraverso la cosiddetta "metafora della scrivania" (Fig. 3).

Lo schermo del computer diventa, in questo caso, il piano di una scrivania immaginaria, su cui si possono accumulare, togliere, spostare documenti ed oggetti diversi. Tutti questi oggetti sono rappresentati da icone, ossia da disegni stilizzati che richiamano l'oggetto reale.

Indicando via via le corrispondenti icone si può, ad esempio, scrivere una lettera, fare cancellazioni, inoltrarla a destinazione, metterla in archivio o cestinarla.

Questa filosofia di interazione tra utente e computer, è ben descritta

Fig. 3 - La metafora della scrivania.



dallo slogan divenuto famoso *"What you see is what you get"* (ciò che vedi è ciò che ottieni), o anche *"Seeing and pointing versus remembering and typing"*, ossia non più nomi da ricordare e da battere sulla tastiera per indicare al computer le operazioni da compiere, ma semplicemente guardare gli oggetti rappresentati sul video e indicare quello che serve.

In questo excursus storico a grandi balzi, siamo arrivati ai nostri giorni.

Quali ulteriori evoluzioni si stanno delineando?

Una prospettiva si rifà al concetto di "*ipermedia*" e si collega, ancora una volta, all'avvento di una nuova tecnologia, quella del *disco ottico.*

Questo dispositivo, oltre ad una enorme capacità di memorizzazione, consente di registrare su un unico supporto fisico informazioni che sono usualmente disponibili su supporti diversi, quali testi, immagini fisse e in movimento, suoni.

A questa possibilità si può collegare la nascita di un ulteriore paradigma di interazione, la cui connotazione si può riassumere nel termine "*collegare*". Vediamo di che cosa si tratta.

Consideriamo una operazione come leggere un libro. In questo caso abbiamo un processo che si sviluppa in modo lineare nel tempo, secondo un percorso progressivo, dal primo capitolo all'ultimo.

La mente umana opera di norma in un modo diverso: essa procede, per così dire, a zig zag, secondo itinerari suggeriti via via da libere associazioni, collegando informazioni le più disparate in modo dinamico e funzionale all'obiettivo perseguito.

È con meccanismi di questo tipo, attraverso il continuo e inesauribile comporsi di sentieri diversi, che si esplica la creatività umana.

Questi processi mentali trovano oggi un supporto elettronico nelle cosidette interfacce ipermediali. Interagendo col computer, l'utente può "navigare" in vaste raccolte di informazioni di varia natura, portando sullo schermo ciò che gli interessa, facendo annotazioni e richiami, seguendo itinerari che egli definisce man mano che procede nella sua esplorazione. Il tutto con una immediatezza e una flessibilità inconcepibili con i supporti tradizionali.

Un modo molto efficace di concettualizzare i sistemi ipermediali è legato alle metafore che questi rappresentano sul video.

Il video potrà diventare di volta in volta un ufficio, una biblioteca, un edificio, un impianto, un apparato complesso.

Va sottolineato che "ipermediale" non è sinonimo di "multimediale". Il prefisso *multi* fà, infatti, riferimento alla pluralità dei supporti fisici impiegati. Il prefisso *iper* denota, invece, come in geometria, la possibilità di sfuggire alle dimensioni tradizionali; in questo caso di sfuggire alla dimensione sequenziale per entrare nell'"iperspazio" associativo.
L'applicazione del concetto esposto si estende a qualunque tipo di documentazione, per i problemi più svariati: dalla progettazione alla manutenzione, dall'addestramento alla promozione commerciale. Si può dire che non c'è settore in cui le tecniche ipermediali non possano trovare applicazione. A titolo di esempio, si possono citare due sperimentazioni effettuate di recente presso l'Università di Milano, l'una riguardante la didattica e l'altra il turismo. Nel primo caso si tratta di un prototipo di ipertesto per insegnare la storia antica, nel secondo di una guida ipermediale alla città di Milano. Quest'ultima, denominata IPER-MILANO, utilizza raccolte di dati disponibili sui supporti più disparati come libri, carte topografiche, giornali, avvisi pubblicitari, cataloghi di musei, locandine di teatri, listini di prezzi, ecc. Il computer si configura in questo caso come una vera e propria "macchina scenica", che consente all'utente di fare delle "passeggiate interattive" nella realtà cittadina. (Per una descrizione dell'ipertesto sulla storia antica, si veda l'arti-

colo di Paolo Fezzi su "Quaderni di informatica", XVI, 1, 1990).
Si può aggiungere che il concetto di sistema ipermediale, cioè di un sistema che consenta l'esplorazione associativa di grandi raccolte di informazioni, è un'idea che viene da lontano.
Il termine stesso è stato, infatti, coniato venticinque anni fa, nel 1965, da Ted Nelson nel quadro di un progetto ("Xanadu") in cui c'erano in nuce tutti i concetti esposti. Ma allora non c'era ancora la tecnologia necessaria.

3. Interazione multisensoriale

Che cosa si prospetta oltre l'interazione ipermediale? Un obiettivo generale delle ricerche sulla interazione uomo-computer è di offrire all'utente una simulazione sempre più realistica del suo effettivo ambiente operativo.

Ciò significa, tra l'altro, *allargare la gamma dei sensi utilizzati* dall'uomo nella sua interazione col computer.

Finora, tale interazione ha coinvolto quasi esclusivamente uno solo dei sensi umani, ossia la vista. Giustamente, si deve dire, dal momento che gran parte delle informazioni elaborate dal cervello passano attraverso gli occhi. Ma perchè trascurare gli altri sensi?

L'orientamento verso la creazione di ambienti operativi il più possibile simili a quelli naturali porta, in effetti, a coinvolgere tutte le valenze comunicative dell'uomo.

Tra queste, sicuramente va annoverata la *voce*. La trasmissione verbale è senza dubbio il paradigma dominante nelle relazioni interpersonali. Tuttavia, la voce è praticamente assente nella attuale comunicazione uomo-computer.

Questo dato di fatto si può ricondurre - oltre che ad altri fattori - alle limitazioni che questo tipo di interazione tuttora presenta.

In effetti, essendo l'interazione bidirezionale, bisogna distinguere due aspetti: uno è la capacità di rivolgersi a voce alla macchina, l'altro è, invece, di dare voce alla stessa.

Il secondo problema, ossia l'output vocale, si può dire ormai praticamente risolto, attraverso i vari sintetizzatori di voce.

Largamente irrisolto è, invece, il primo problema ossia l'input vocale.

Alla radice delle difficoltà c'è la grande variabilità della voce, in funzione del parlatore e del contesto linguistico.

La voce dipende dall'età, dal sesso, dallo stato di salute del parlatore così come dal suo stato d'animo, nonchè da fenomeni come la coarticolazione, per cui un suono si modifica in funzione di quello che segue.

L'uomo supera queste difficoltà appoggiandosi alla comprensione del discorso; egli, cioè, identifica correttamente i suoni perchè capisce di che cosa si parla. In altri termini, nell'uomo il riconoscimento fonetico si avvale dell'analisi semantica (fig. 4).

Invece, il riconoscimento automatico del parlato è stato finora sostanzialmente ricercato sulla base di una analisi del segnale fisico, al più con l'aggiunta di vincoli statistici sulla frequenza con cui "qualcosa" può venire dopo "qualcos'altro".

Una effettiva comunicazione vocale tra l'uomo e il computer passa attraverso la comprensione del linguaggio naturale, un problema fondamentale della Intelligenza Artificiale, ancora lontano dall'essere risolto.

Oltre la voce e la vista, di cui abbiamo finora parlato, l'uomo interagisce col mondo utilizzando altri sensi tra cui, in particolare, il tatto.

L'*interazione tattile* o *gestuale* è un ulteriore capitolo della interazione uomo-computer e sta giungendo ormai a risultati concreti. Alludiamo, in particolare, allo sviluppo dei cosidetti "guanti elettronici" (v. fig. 5). Per mezzo dei sensori incorporati nel guanto, il computer è in grado di conoscere in ogni istante non solo la posizione della mano, ma anche co-

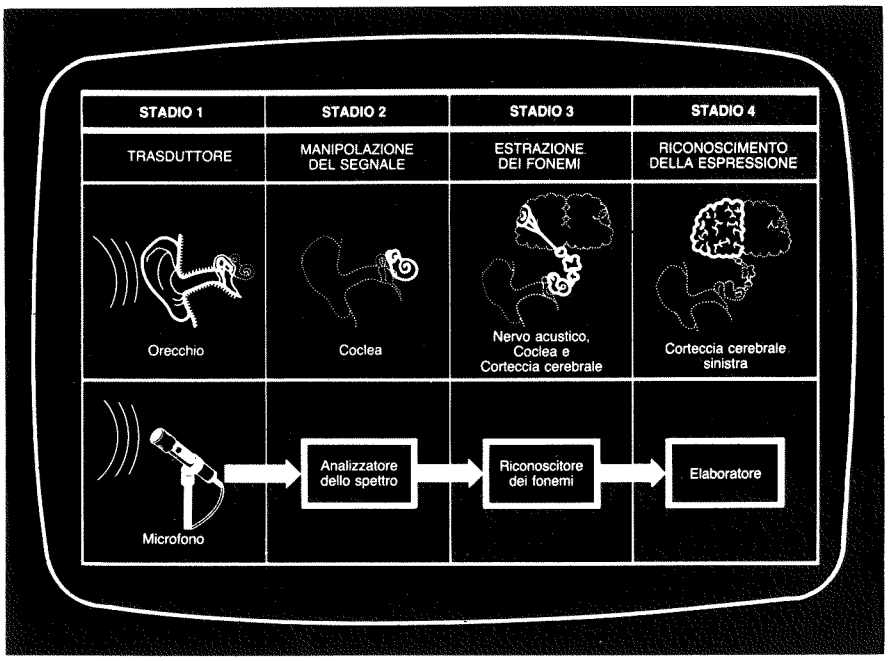


Fig. 4 - Processo di riconoscimento della voce: parallelo tra l'uomo e la macchina.

Fig. 5 - Il "guanto elettronico" consente di maneggiare oggetti virtuali rappresentati sullo schermo del computer.

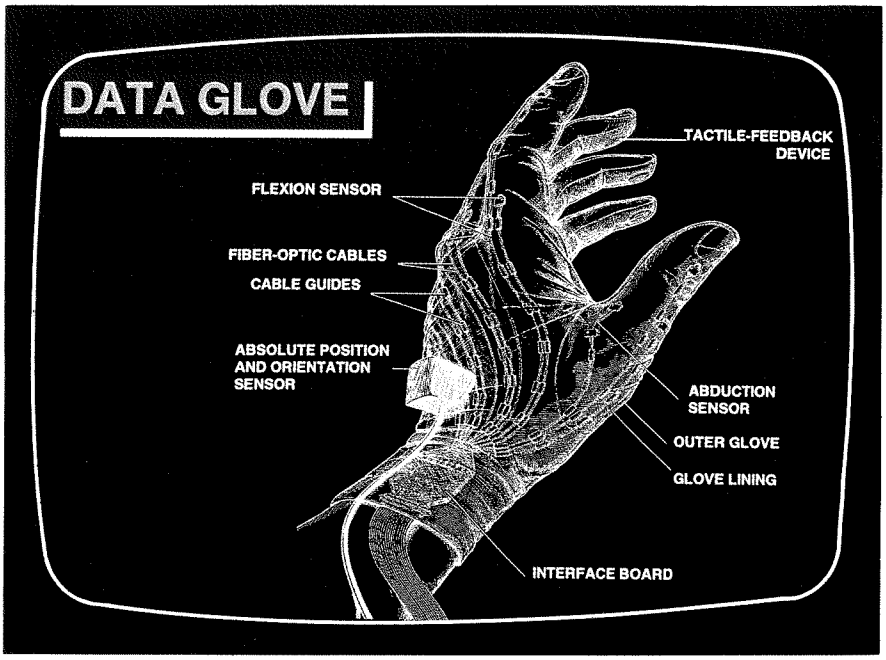
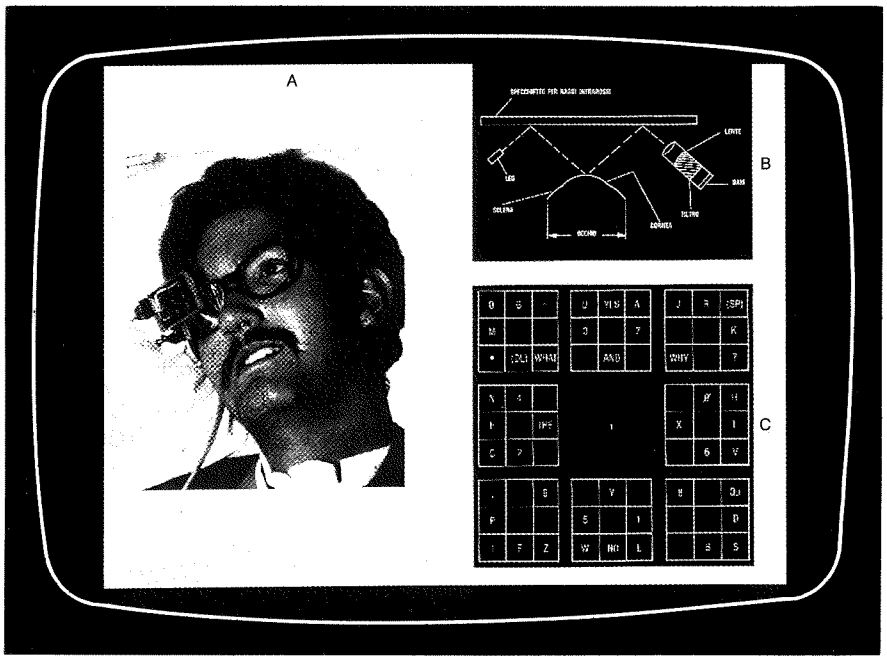


Fig. 6 - Sistema che consente di comunicare col solo movimento degli occhi.



me è atteggiato ogni singolo dito.

Questi guanti consentono, quindi, a chi li indossa, di manipolare oggetti virtuali visualizzati sullo schermo, "sentendoli" come se fossero oggetti reali.

Queste ricerche possono apparire a prima vista accademiche: in realtà, esse rivestono un notevole interesse pratico se si pensa, ad esempio, alla manipolazione di sostanze tossiche o ad attività in ambienti ostili all'uomo, mediante robot teleguidati. In un sistema sperimentale della NASA l'operatore è dotato dei guanti elettronici sopra descritti, nonchè di un sistema di visione binoculare, collegato alle due telecamere che costituiscono gli "occhi" del robot.

Egli è così in grado di guidare l'attività del robot entrando, per così dire, nei suoi panni. Tutto ciò è studiato, in particolare, in vista della costruzione nello spazio di stazioni orbitanti.

Nell'ambito dell'interazione uomo-computer con mezzi non usuali, si può anche citare il sistema mostrato in fig. 6. Si tratta di un sistema che consente a persone aventi come unica capacità di movimento quella degli occhi, di comunicare e addirittura di svolgere un lavoro. Il sistema si basa su uno speciale paio di occhiali (fig. A) collegato a un computer. Al posto di una delle lenti è montato un dispositivo (fig. B) che consente, attraverso la riflessione sulla cornea di un raggio di luce, di conoscere in quale direzione l'occhio sta guardando. Il dispositivo include inoltre un piccolo display (fig. C) con 64 caselle, contenenti altrettanti simboli. La persona può scegliere uno di tali simboli semplicemente fissando la casella corrispon-

dente. Egli può così comporre parole e frasi che, attraverso l'altro occhio, vede man mano apparire sullo schermo del computer.

4. Interfacce intelligenti

Nello sviluppo della interazione uomo-computer si affacciano quindi nuove tecnologie e soluzioni specifiche; ma va aggiunto che in questo campo un ruolo fondamentale è assegnato ad una disciplina che sempre più permea il settore informatico, ossia l'Intelligenza Artificiale.

L'applicazione delle idee e dei metodi di questa disciplina è potenzialmente uno dei fattori più importanti per l'evoluzione qualitativa della interazione col computer (fig. 7).

Attraverso "interfacce intelligenti", l'uomo potrà dialogare con la macchina in modo "naturale", cioè in modo analogo a quello che egli usa coi suoi simili. In questo modo egli potrà, in particolare, dialogare coi "sistemi esperti" come farebbe con esperti umani.

Interfacce "intelligenti" sono richieste per realizzare un salto qualitativo nell'interrogazione di grandi basi di informazioni.

È questo un problema sempre più impellente che si collega ad un fenomeno tipico della nostra epoca, ossia la crescita esponenziale delle conoscenze. Il patrimonio di sapere che si accumula nel mondo ogni giorno che passa, rischia di restare in buona parte inutilizzato per l'impossibilità pratica di accedervi. Problemi su cui si investono risorse intellettuali ed economiche hanno magari già una risposta disponibile da qualche parte, ma non ci è dato di sapere dove. Una situazione che, se ci è consentita una breve digressione letteraria, richiama alla mente la *"Biblioteca di Babele"* di Borges.

In un suo affascinante racconto, lo scrittore argentino descrive, con dovizia di particolari, questa smisurata biblioteca, dove ogni volume (identico agli altri come numero di pagine) contiene una diversa combinazione delle 23 lettere dell'alfabeto. Poichè sono realizzate tutte le combinazioni possibili, risulta che nella biblioteca, accanto ad una enorme massa di materiale senza senso, esiste tutto lo scibile. C'è quindi la risposta a qualsiasi quesito; ma non ci è dato sapere in quale volume essa si trovi. Per come è fatta, la biblioteca contiene sicuramente anche il catalogo dei suoi volumi, nonchè il catalogo dei cataloghi; ma anche questi non sappiamo dove si trovino...

Di fronte all'esplosione delle conoscenze (si calcola che il know-how mondiale raddoppi ogni 8 anni) non basta realizzare grandi archivi elettronici: occorrono interfacce intelligenti che, usando meccanismi inferenziali e criteri euristici, guidino l'utente nella ricerca di ciò che gli serve.

Interfacce intelligenti significa, tra le altre cose, anche la possibilità di tracciare, in base ai comportamenti dell'utente, un modello di quest'ultimo e applicare quindi modalità di interazione personalizzate.

Attraverso interfacce intelligenti, capaci di interazione vocale, tattile e gestuale, l'utente sarà in grado di agire davanti allo schermo come se fosse nel suo reale ambiente operativo, vedendo, sentendo, toccando, manovrando, dando ordini, chiedendo consigli, e così via.

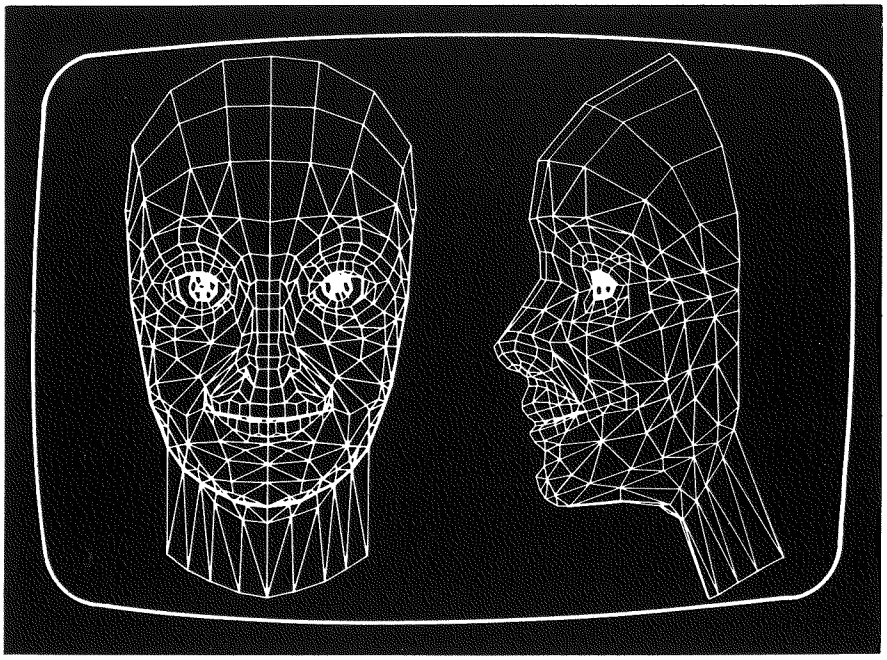
5. Verso le "realtà artificiali"

Si apre in sostanza, la possibilità di creare dei "mondi virtuali", nei quali l'utente si può muovere come se fossero mondi reali, interagendo con essi e modificandoli in base alle situazioni che via via si creano.

Siamo di fronte, in definitiva, a ciò che si può definire *"realtà artificiale"* La definizione è calzante. Si tratta, infatti, di qualcosa di artificiale, in quanto non esiste al di fuori dei circuiti del computer; e tuttavia è qualcosa con cui noi interagiamo come

Fig. 7 - L'Intelligenza Artificiale per un salto di qualità nella interazione col computer.

Fig. 8 - La parametrizzazione del volto.



se esistesse realmente a tutti gli effetti.

È superfluo sottolineare che ciò di cui stiamo parlando non implica soltanto raffigurazioni realistiche e animazioni complesse. La capacità di disegnare col computer scene e personaggi indistinguibili dalla realtà è acquisita da tempo.

È addirittura possibile oggi rifare dei vecchi film, i cui protagonisti sono ormai scomparsi, sostituendo i loro volti con quelli di attori dei nostri giorni. Si utilizza a questo scopo una tecnica di parametrizzazione del volto, che consente di "calcolare" via via le mutevoli espressioni che esso può assumere (fig. 8).

Una realtà artificiale è ben più che un film fatto col computer. La differenza fondamentale sta nel diverso ruolo che ha l'utente: davanti allo schermo, egli non è lo spettatore passivo di una realtà preconfezionata, ma egli "entra" in tale realtà, interagisce con essa, la modifica, la dirige in accordo ai suoi obiettivi.

Con realtà artificiali avremo sempre più a che fare in futuro, attraverso le stazioni di lavoro computerizzate, nelle fabbriche, negli impianti, negli uffici. Ma anche come semplici cittadini, ognuno di noi verrà sempre più in contatto con mondi e ambienti virtuali.

Per fare un esempio, possiamo immaginare come un giorno (forse) sbrigheremo una pratica burocratica.

Attraverso lo schermo del computer entreremo nel palazzo degli uffici, andremo alla ricerca della stanza o dello sportello che ci serve, parleremo con gli addetti, sigleremo documenti, pagheremo eventuali importi. Ma quanto di ciò che vedremo esiste realmente? Molto poco e forse niente... Non il palazzo, non il portiere. E lo stesso impiegato che ci sorride dallo schermo e con cui dialoghiamo è una persona vera o solo la raffigurazione antropomorfica di un "sistema esperto"? E il "collega" che egli chiama in causa se non è in grado di rispondere ad una nostra domanda, è questa volta veramente una persona oppure un sistema esperto più esperto del precedente?

Come si vede, il futuro della interazione col computer ci prospetta un inestricabile intreccio del reale col virtuale, una commistione in cui l'uno e l'altro si alternano, si intersecano, si sovrappongono, in modo indistinguibile per l'utente.

Il confine tra ciò che è e ciò che appare diventa evanescente.

Si può trovare in ciò che stiamo preconizzando l'eco di temi pirandelliani. E, in effetti, le prospettive delineate trovano sorprendenti assonanze nell'universo letterario, nel mondo cerebrale di Pirandello come in quello enigmatico di Borges.

Una conferma, se si vuole, degli invisibili legami che esistono tra scienza e umanesimo, tra il razionale tecnologico e l'immaginario poetico.

Innovazione tecnologica e innovazione organizzativa: la telematica nel settore bancario

ROBERTO CAMAGNI (*)
ROBERTA CAPELLO

Università Bocconi
Istituto di Economia Politica
Milano

1. Introduzione

L'interesse per lo sviluppo delle innovazioni connesse con l'attuale paradigma tecno-economico all'interno del settore bancario è giustificato da diversi motivi. In primo luogo si assiste ad una crescente dinamica generale dei mercati bancari e dell'intermediazione creditizia che spinge le banche all'innovazione strategico-organizzativa e a rendere, quindi, coerenti le scelte tecnologiche con questi obiettivi (Baravelli, 1984a e 1984b). Il crescente mercato interno e la crescente domanda di sistema di pagamento creano le opportunità per margini di redditività maggiori.

A questa situazione di dinamismo interno si accompagna una crescente instabilità sul mercato europeo, in vista dell'apertura del mercato unico. Dopo anni di sostanziale immobilismo, la prospettiva di liberalizzazione dei movimenti finanziari all'interno della Comunità Economica Europea spinge l'interesse delle Autorità Monetarie verso il controllo dell'efficienza del sistema bancario e, indirettamente, verso il controllo delle condizioni di competitività sui mercati finanziari (Bavarelli, 1985; Bastasin, 1987; Saita, 1984).

L'evoluzione degli ultimi anni dei mercati nazionali ed internazionali impone al settore finanziario nuove strategie di sviluppo, legate ad un ambiente concorrenziale le cui regole nel giro di pochi anni guideranno il settore bancario.

All'instabilità ambientale del mercato creditizio si aggiunge un livello di maturità dei servizi finanziari che limita le possibilità di competere tramite la qualità e l'originalità dei servizi offerti.

L'introduzione e l'evoluzione delle nuove tecnologie sembra essere una delle variabili di rivitalizzazione del settore, ponendo le banche di fronte a nuove opportunità di sviluppo strategico e di innovazione dei propri processi produttivi ed amministrativi (De Matté, 1984; Distasio, 1984; Munari, 1980; Peretti, 1989; Salvemini, 1985).

L'innovazione tecnologica, di processo e di prodotto, rappresentata dalle nuove tecnologie di comunicazione, permette di raggiungere livelli più elevati in termini di efficienza e di efficacia interna della banca, ampliando la gamma dei servizi offerti e la loro qualità, snellendo le procedure burocratiche interne ed aumentando i flussi di informazione.

Il raggiungimento dei benefici e dei vantaggi competitivi sul mercato tramite l'innovazione tecnologica comporta tuttavia per la banca elevate problematiche di riconversione interna. Le politiche tecnologiche presentano alla banca stretti collegamenti con le problematiche organizzative e di gestione del personale (Feller e Vigorelli, 1988; Foresti, 1983; Guegan, 1987; Invernizzi, 1985).

Da questo punto di vista, le scelte tecnologiche influenzano le caratteristiche dei processi produttivi, dell'organizzazione del lavoro, delle strutture organizzative, dei meccanismi operativi, nonchè del fabbisogno di risorse umane (Chandler, 1962). I problemi nascono dal fatto che è richiesto un elevato grado di flessibilità a strutture organizzative consolidate, le quali, non di rado, si comportano come fattori di rallentamento del cambiamento innovativo (Colangelo, 1985; Mottura, 1986; Occhini, 1985; Paolucci, 1981; Stacca, 1984).

Inoltre, perchè il processo innovativo generi vantaggi economici per la banca, è necessario che sia gestito dalle aziende di credito in una logica di mercato, perseguendo competitività nell'efficienza, intesa quest'ultima in funzione di contenimento dei costi e di una conseguente accresciuta redditività e produttività. Il contemporaneo sviluppo delle variabili "tecnologia" e "organizzazione" rappresenta il fattore strategico di successo dell'adozione delle nuove tecnologie nel settore bancario che gioca, con le nuove tecnologie, come altri settori maturi (Camagni e Rabellotti, 1988), la sua possibilità di rivitalizzazione.

(*) Questo articolo costituisce la sintesi di una ricerca svolta presso l'Istituto di Economia Politica dell'Università Bocconi di Milano per Bull Italia, diretta da R. Camagni e condotta da R. Capello. I paragrafi 1, 2 e 4 sono stati redatti da R. Capello mentre il paragrafo 3 congiuntamente dai due autori. L'analisi diretta è stata condotta sui seguenti istituti: Credito Italiano, Cariplo, Banca Popolare di Bergamo, Banca Popolare di Milano, Banco di Roma, Banca Popolare di Novara, Nuovo Banco Ambrosiano, che si vogliono qui ringraziare.

Da quanto esposto in precedenza appare chiaro come nel settore bancario stiano cambiando le "regole del gioco", che passano da regole di mercato di oligopolio collusivo a regole di mercato concorrenziale. Le innovazioni tecnologiche nel campo della comunicazione si presentano, a nostro avviso, come utili ed efficaci strumenti concorrenziali per far raggiungere alle banche utilizzatrici vantaggi competitivi (Camagni e Capello, 1989; Capello, 1989a).

La capacità di manipolare, immagazzinare e trasmettere dati velocemente tramite una rete telematica permette alle organizzazioni di aumentare e applicare l'informazione come una risorsa strategica nella catena del processo produttivo.

Il ruolo strategico assunto dalle nuove tecnologie dell'informazione nel processo competitivo rende l'adozione di queste un fenomeno dal quale nessun agente economico può sottrarsi se non vuole scontrarsi con svantaggi competitivi di notevoli dimensioni. L'applicazione di queste tecnologie ad un settore tradizionalmente basato su attività ad alta intensità di informazioni, come quello bancario, dà a quest'ultimo notevoli chances di sfruttamento di posizioni economiche di vantaggio (Bianchi, 1983, Tacci, 1985).

2. La tipologia delle innovazioni nel settore bancario

La dinamica tecnologica genera ampie potenzialità innovative nel settore bancario, che possiamo suddividere in tre tipi:

a) le innovazioni legate all'attività interna di produzione del servizio e le possibilità di automatizzare una serie di operazioni produttive o di interi processi, rendendo più efficiente e meno costoso il funzionamento della banca. Una parte di queste innovazioni è legata al lavoro di ufficio con un conseguente mutamento delle condizioni organizzative in cui le persone si trovano ad operare;

b) innovazioni legate al rapporto con altre banche, che viene agevolato grazie a flussi interorganizzativi più stabili e veloci, con una conseguente spinta verso la cooperazione intrasettoriale;

c) innovazioni riguardanti il prodotto/servizio, in cui si perfeziona la relazione tra banca e cliente e si consente di migliorare la gamma dei servizi offerti. Questo tipo di innovazioni diventa terreno fertile per ottenere vantaggi competitivi e combattere la concorrenza.

Le reti informatiche e telematiche risultano essere le strutture portanti su cui poggia l'attuale sviluppo dell'automazione bancaria, con riferimento al sistema informativo interno alla banca, interbancario e con la clientela (Capello, 1989b e 1989c).

Un utile strumento per l'analisi dei cambiamenti organizzativi dovuti all'introduzione di queste tecnologie di innovazione è la definizione per aree funzionali dei principali flussi informativi telematizzati. La figura 1 risulta utile allo scopo: questa presenta una matrice dei principali flussi informativi telematizzati per aree funzionali diverse e per tipologie di innovazione differenti.

2.1. Principali flussi informativi interni telematizzati

Il sistema bancario si contraddistingue per l'elevata incidenza dei costi connessi al trattamento dell'informazione.

Esiste infatti una tendenza allo sviluppo incentrata prevalentemente sull'estensione geografica e sulla proliferazione delle unità decentrate, che giustifica la necessità di un flusso costante di informazioni tra centro direzionale e periferia. Fin dai primi anni settanta le reti dedicate, introdotte nelle aziende di credito, hanno assunto un ruolo di supporto al sistema informativo per trasferimento di dati e per accesso a *data base.*

L'attuale sviluppo tecnologico nelle reti permette il trasporto di dati dalla direzione centrale alle filiali e accesso a data base interni *in tempo reale.*

Le principali caratteristiche generiche del fenomeno di telematizzazione delle procedure interne bancarie sono:

- un *differente grado di penetrazione* delle nuove tecniche nelle diverse aree funzionali;
- spesso una *parziale automatizzazione* della procedura di produzione di un servizio, di cui molte fasi rimangono ancora manuali e sono effettuate su supporto cartaceo.

Nel processo di *concessione dei fidi,* la fase di conoscenza della situazione debitoria del cliente, che anticipa la decisione di affidamento, si esplica tramite rete grazie al collegamento della Direzione Fidi all'"info-centre", ossia al *data base* gestionale interno. Le fasi a valle del processo di valutazione, ossia la fase di decisione finale di affidamento e la fase di controllo e di revisione degli affidamenti seguono ancora un iter manuale su supporto cartaceo. La telematizzazione parziale di questo servizio permette uno sveltimento della procedura di affidamento con notevoli ripercussioni sull'efficienza e sulla qualità del servizio reso. Per bassi importi di fido richiesti, le direzioni tendono a decentrare il processo alle dipendenze, per le quali il collegamento on-line con l'info-centre per informazioni relative al cliente diventa una condizione necessaria per erogare un servizio di fidi di alta qualità.

Nell'area di produzione e distribuzione dei servizi di debito e di credito, un forte impatto delle nuove tecnologie si concretizza nel servizio di office automation, in particolare del *front office automation.* Questo fenomeno tecnologico permette di dotare l'operatore allo sportello di un "terminale intelligente", con una certa capacità logica e di memoria, che, collegato agli elaboratori centrali della banca, consente la programmazione, l'esecuzione e il controllo del lavoro svolto. Grazie a questa strumentazione è garantita l'interazione con il Centro elaborazione dati e un flusso di dati da immettere e da prelevare riguardo informazioni relative al cliente, come gli affidamenti concessi, la situazione di rischio, garanzie, rapporti intrattenuti con altre filiali e così via.

Lo sviluppo inter-funzionale è invece caratteristico del *back office automation,* ossia l'automazione delle

Fig. 1 - Matrice dei principali flussi informativi telematizzati.

FLUSSI INFORM. / FUNZIONI	Flussi interni	Flussi interbancari	Flussi con il mercato
Fidi	Back office automation	Situazione debitoria del cliente (Centrale dei rischi) Situazione generale del cliente (Centrale dei bilanci)	
Produzione e distribuzione dei servizi debiti e crediti	Front office automation Back office automation	Trasferimento interbancario dei fondi (SETIF) RI.BA. Servizi incassi diversi Custodia centralizzata dei titoli (Monte Titoli)	Home banking Carte di credito Cash dispenser P.O.S. Cash management Multicurrency netting
Gestione della liquidità	Flussi di liquidità stanze di compensazione Back office automation	Ricezione e smistamento ordini di accredito e addebito (Stanze di compensazione) Informazioni sui valori immobiliari centralizzata (A.T.O.S.S.)	
Attività di rilevazione	Automazione procedure di calcolo Back office automation	Matrice dei conti (Puma)	

procedure di ufficio, che si avvalgono di nuove apparecchiature e di strumenti atti a sveltire le procedure burocratiche legate al lavoro d'ufficio. L'ufficio rappresenta un punto di incontro tra informatica, microelettronica e telecomunicazioni e consente l'attuazione di un processo di informatica distribuita, mettendo a disposizione delle unità periferiche sia l'intera potenza elaborativa della rete del sistema, sia il data base.

Nell'area della *gestione della liquidità,* la telematizzazione risolve problemi di bilancio tra flussi di entrata e di uscita, tra filiali e sede centrale, grazie all'uso delle cosiddette stanze di compensazione.

I vantaggi per un sistema bancario di un processo automatizzato di questo tipo sono elevati:

- innanzitutto, esso consente la verifica giornaliera della situazione di liquidità dell'istituto di credito, effettuata con uno snellimento e uno sveltimento delle procedure burocratiche;

- in secondo luogo, esso garantisce un miglioramento nel coordinamento dei flussi monetari nell'attività di tesoreria;

- infine, esso rende possibile una maggiore articolazione territoriale senza peggioramenti nel coordinamento dei flussi monetari.

Un breve accenno è necessario agli innumerevoli vantaggi che l'automazione ha portato nell'area dell'*attività di rilevazione:* la maggior capacità di calcolo e di memoria degli elaboratori e il minor costo di elaborazione per unità di memoria ha reso possibile l'informatizzazione delle procedure contabili (calcolo degli interessi attivi e passivi, della situazione per singolo conto corrente per singola filiale).

Il collegamento in rete e la possibilità di trasmissione on-line dei dati hanno sveltito enormemente le procedure burocratiche e diminuito i costi di mantenimento della contabilità.

L'informatizzazione delle procedure contabili è stato l'obiettivo che ha spinto alla introduzione nelle aziende di credito dei primi computer negli anni sessanta. Più recenti invece sono gli obiettivi di riduzione dei costi associati a questa informatizzazione, di un servizio migliore ed infine di un trasporto on-line dei dati elaborati.

2.2. Principali flussi informativi inter-bancari telematizzati

L'automazione bancaria trova ampio spazio di applicazione nei flussi informativi inter-bancari. La struttura di questo tipo di automazione poggia sulla possibilità di trasferimento elettronico dei fondi, che permette l'interscambio di informazioni e di transazioni nel settore bancario. Lo sviluppo di questo sistema implica necessariamente una collaborazione stabile fra aziende di credito per gestire reti inter-bancarie di telecomunicazione. Dal punto di vista tecnologico è indispensabile un'integrazione delle reti informatiche delle singole aziende ed un notevole processo di normalizzazione e standardizzazione delle rispettive procedure.

Utile alla creazione di un data base nazionale sulla situazione debitoria dei principali clienti è la costituzione, tramite la cosiddetta *Centrale dei rischi,* di un censimento mensile della situazione debitoria dei principali clienti per ogni singola azienda di credito, che le banche sono obbligate a presentare alla Banca d'Italia.

Nell'ambito dell'attività di fido, il collegamento con data base sulla situazione debitoria dei clienti facilita, come nel caso di data base interni, la procedura di affidamento. I risultati delle rilevazioni consentono infatti riscontri e verifiche nel caso di affidamenti multipli e costituiscono una base informativa per le decisioni, per l'analisi delle posizioni di rischio e per una più consapevole politica degli impieghi. Il trasporto dei dati per la creazione del data base avviene su supporto magnetico, mentre tramite rete è possibile solo la consultazione della banca dati da parte delle singole aziende di credito.

Nell'area di produzione e distribuzione dei servizi bancari, il trasferimento interbancario dei fondi costituisce la struttura dell'automazione bancaria. Gli obiettivi del trasferimento interbancario elettronico dei fondi sono di semplificare, standardizzare ed accelerare l'esecuzione delle disposizioni di trasferimento, migliorare la funzionalità dei servizi nei confronti della clientela, salvaguardando la discrezionalità, l'operatività e l'iniziativa della singola banca, di favorire presso la clientela il ricorso al sistema bancario per lo svolgimento dei servizi di incasso e pagamento, infine di stimolare il processo di trasformazione degli strumenti tradizionali di regolamento dei rapporti di debito e di credito.

Un incentivo della Banca d'Italia all'automazione bancaria è rappresentato dalla cosiddetta *Matrice dei Conti,* che prevede la rappresentazione dei dati di situazione dei conti, secondo uno schema analitico, standardizzato e uniforme per tutte le aziende di credito che queste ultime sono obbligate a inviare alla Banca d'Italia. Il flusso di informazioni di ritorno è concepito in due modi distinti: attraverso l'elaborazione di grandi masse di dati grezzi in indicatori, o indici di scostamento, o attraverso la disposizione di dati quanto più possibile grezzi ed elaborabili liberamente nelle stesse aziende di credito in funzione delle proprie esigenze.

La quantità e l'estrema analiticità delle informazioni contenute nella matrice dei conti si avvale di supporti magnetici per la creazione presso la Banca d'Italia del data base generale, al quale ogni singola azienda di credito accede per informazioni specifiche tramite rete. La realizzazione di questa procedura ha portato alla realizzazione di una Procedura Unificata della Matrice Aziendale (PUMA), oggi in fase di revisione con il progetto PUMA 2.

L'area dell'attività di rilevazione è coinvolta nell'automatizzazione, seguendo le regole imposte dalla Banca d'Italia per la "compilazione" della Matrice dei Conti, dei dati di bilancio e della contabilità interna. Per contro, sono favorite da questo obbligo altre funzioni aziendali, come l'area Fidi o l'area di Gestione della Liquidità, che si avvalgono del flusso di informazioni che la Banca d'Italia si è impegnata a restituire al sistema.

I flussi di informazione telematizzati nell'area Produzione e distribuzione dei servizi di debito e credito trovano il loro supporto nel servizio elettronico di trasferimento interbancario dei fondi (S.E.T.I.F.), che è il primo servizio messo in atto dalla S.I.A. con lo scopo di semplificare, standardizzare ed accelerare l'esecuzione delle disposizioni di trasferimento, migliorare la funzionalità dei servizi nei confronti della clientela. Gli ordini di pagamento sono fatti pervenire all'azienda di credito su supporto magnetico mentre il trasferimento dei fondi avviene su rete (Credito Italiano, 1986).

All'interno del sistema S.E.T.I.F. la procedura degli ordini di pagamento è semplice sia nel caso di transazioni commerciali, sia nel caso di accreditamento di stipendi. Per gli incassi sono state realizzate diverse procedure a seconda della specificità contrattuale sottostante e della forma di regolamento. Le procedure della "Ricevuta bancaria elettronica" e del "Servizio incassi diversi" permettono la riscossione da parte delle banche di crediti di varia natura mediante addebito sul conto corrente del debitore che ha lasciato autorizzazione permanente alla propria banca.

Anche nell'area della gestione della liquidità esistono flussi inter-bancari telematizzati. La ricezione e lo smistamento di ordini di addebito e di accredito avviene tramite stanze di compensazione. La telematizzazione di questi flussi, unita alla possibilità di trasmissione elettronica dei fondi, rappresentano il sostegno per l'offerta dei nuovi servizi on-line, come il bancomat, le carte di credito e i P.O.S.

Come ausilio all'attività di gestione della liquidità, esiste una procedura (A.T.O.S.S.) di trasferimento dei flussi di informazioni su supporto magnetico circa i titoli mobiliari dalla società S.I.A. alle aziende di credito. In questo modo si rendono più facili e sicure le operazioni su questi valori mobiliari grazie all'eliminazione della circolazione di certificati irregolari.

L'automazione in banca è ancora più diffusa perchè più conveniente, in termini sia economici sia tecnologici, della telematizzazione. Il trasporto on-line di volumi molto elevati di dati e di informazioni risulta ancora non conveniente dal punto di vista economico e limitato dal

punto di vista tecnico. I grandi data base inter-bancari sono ancora costituiti con il trasporto fisico di nastri magnetici dalle aziende di credito alla Banca d'Italia o alle società interbancarie interessate.

L'uso delle reti telematiche è limitato all'accesso al data base, alla sua consultazione e al trasporto delle informazioni essenziali. La trasmissione dell'informazione tra aziende di credito avviene pertanto con una complementarietà tra automazione e telematizzazione che risulta finora la chiave vincente per uno sfruttamento di posizioni di maggior economicità e efficienza.

2.3. I flussi informativi in direzione del mercato: innovazioni nel modo di fornitura dei servizi

Le nuove reti telematiche e il loro uso innovativo comportano cambiamenti nei rapporti cliente/banca dando luogo a nuove forme di distribuzione e di fornitura di servizi finanziari tradizionali (Matteis, 1980; Raule, 1985).

L'area coinvolta in questo processo di telematizzazione è per definizione l'area di produzione e di distribuzione dei servizi di debito e di credito, nella quale servizi tradizionali di pagamento e di prelievo di contante vengono automatizzati. È il caso del servizio di cash dispenser, generalmente conosciuto come Bancomat, che permette, tramite uno sportello automatico, il prelievo di banconote. La sua entrata in funzione risale agli anni settanta mentre l'innovazione recente è il collegamento on-line con il calcolatore centrale che permette interrogazioni sulla situazione del conto (estratto conto). Questi sportelli automatici, la cui diffusione geografica è ormai elevata, restano ancora molto limitati nelle possibilità di fornire informazioni all'utilizzatore riguardo il suo conto e di trasferire fondi tra conti. La distribuzione automatica di banconote sfrutta la struttura di rete interbancaria, la quale registra i flussi monetari debitori e creditori di ogni istituto in tempo reale grazie ad un trasferimento elettronico dei fondi.

Nella gamma di nuovi servizi che vanno sotto il nome di servizi bancari di self-service si ricordano i P.O.S. (Point Of Sale). Lo stesso servizio è reso dalle carte di credito il cui scopo è quello di diminuire la distribuzione fisica del contante e sfruttare il trasferimento elettronico dei fondi.

La natura dei servizi presentati è contradditoria: l'utilizzo di un servizio come le carte dei credito e i P.O.S., il cui scopo fondamentale è la riduzione della circolazione di contante, si scontra con la caratteristica degli sportelli automatici di facilitare al cliente il prelievo di contante. In questo modo la strategia degli istituti di credito di sveltire le procedure burocratiche legate all'uso del contante è ostacolata dallo stesso sviluppo di servizi elettronici di erogazione della moneta, che involontariamente diminuiscono i vantaggi perseguiti con gli altri servizi.

Per minori costi di gestione e maggiori vantaggi in termini di efficienza interna, le aziende di credito preferiscono i servizi di carte di credito, per le quali, tuttavia, esiste ancora una forte immaturità della domanda. Ancora nel 1984 l'incidenza di queste ultime sul numero di operazioni regolate non in moneta legale veniva stimata intorno al 0,5%: un valore sedici volte più basso di quello britannico e quattro volte più basso di quello francese.

Problemi invece di immaturità tecnologica e del servizio sono caratteristici del servizio di *home-banking,* le cui sperimentazioni nei maggiori istituti di credito non hanno dato risultati soddisfacenti. La limitata gamma di servizi offerti all'utente, che si concretizzano in interrogazioni sulla situazione del conto e richieste di nuovi libretti di assegni, disincentiva l'utenza ad un possibile utilizzo.

Strettamente legato al home-banking è il servizio di *cash management* delle imprese le quali, attraverso un calcolatore collegato on-line con le diverse banche dove giacciono le loro riserve finanziarie, vengono a conoscenza del loro grado di liquidità globale e dei loro movimenti attivi e passivi. Questo risulta un utile strumento alle imprese per la gestione del cash-flow e dell'esame delle possibilità di investimento, problematiche importanti per una efficiente gestione d'impresa.

Un altro servizio, utile in particolare alle imprese multinazionali, è il *multicurrency netting,* che consiste nella compensazione periodica delle somme che sono vantate/dovute da distinte unità che fanno capo ad un medesimo gruppo multinazionale, al fine di limitare i trasferimenti effettivi di valuta; la compensazione avviene di regola presso la banca di un Paese all'inizio prescelta. Questo servizio risulta utile ad una clientela specifica, come le imprese multinazionali le cui unità abbiano buone correnti di interscambio, o le imprese la cui componente di esportazione risulti preponderante, perchè consente di trarre almeno i benefici del raggruppamento dei regolamenti.

La gamma delle innovazioni è ampia e solleva due generi di questioni:

- innanzitutto, quali cambiamenti organizzativi sono necessari per introdurre queste nuove tecnologie e per offrirle;
- in secondo luogo, se e in quale misura queste innovazioni possono essere utilizzate come strumento per il raggiungimento di vantaggi competitivi per le aziende di credito, come di solito si tende a sottolineare, con lo sfruttamento di nuove aree di mercato e di nuova clientela.

3. L'innovazione macro-organizzativa

Il passaggio dalla fase di automazione a quella di telematizzazione comporta per le istituzioni di credito cambiamenti profondi in termini di organizzazione interna e di rapporti con altre banche. Questi mutamenti si presentano a nostro avviso sotto forma di innovazioni di diverso genere: di processo, di prodotto, manageriali, distributive (par. 3.1).

Gli effetti innovativi provocano inevitabilmente conseguenze macro organizzative interne, a nostro avviso suddividibili in due grandi categorie: conseguenze sull'organizza-

FASI ED EFFETTI / FUNZIONI	Automazione	Telematizzazione	Effetti innovativi	Effetti sul processo produttivo
Amministrazione	Alleggerimento del lavoro e sveltimento del lavoro	Accentramento del lavoro in un unico luogo	Innovazioni di processo Innovazioni di prodotto (Matrice dei conti)	Economie di scala
Operative: di sportello	Routinizzazione di alcune procedure	Sveltimento delle procedure	Innovazioni di processo (front office on-line) Innovazioni di prodotto (servizi on-line) Innovazioni nel processo distributivo (Bancomat)	Economie di scopo Customizzazione del prodotto
di affidamento	Nessun impatto	Routinizzazione e standardizzazione della procedura	Innovazioni di processo	
di marketing	Inesistente	Creazione della funzione per supporto al processo innovativo	Innovazione funzionale	Trasferimento di capacità competitiva a funzioni emergenti
di controllo di gestione	Nessun impatto	Autonomia gestionale parziale delle periferiche	Innovazione di processo	
di pianificazione strategica	Nessun impatto	Allargamento a livello parziale della base informativa intra e inter bancaria	Innovazione manageriale Innovazione nei processi informativi	Integrazione funzionale Diversa criticità delle funzioni

Fig. 2 - Tipologia degli effetti innovativi e sul processo produttivo della telematizzazione per aree funzionali.

zione spaziale della produzione (3.2) e conseguenze sulla struttura funzionale interna (3.3).

3.1. Effetti innovativi e effetti sul processo produttivo

Analizzando gli impatti che la fase di automazione e quella di telematizzazione hanno avuto sulla struttura organizzativa emergono diverse tipologie di innovazione per le differenti aree funzionali (fig. 2).

Innanzitutto, per quanto riguarda la funzione amministrativa, la fase di automazione ha permesso un alleggerimento del lavoro e una maggior velocità nello svolgimento delle operazioni amministrative e burocratiche.

L'effetto dell'introduzione della telematica in quest'area ha invece permesso l'accentramento del lavoro in un'unica sede. Gli effetti innovativi del passaggio dalla prima fase di automazione alla seconda di telematizzazione sono riassumibili in *innovazioni di processo* nella procedura di contabilizzazione ed elaborazione dei procedimenti contabili e amministrativi. Il collegamento on-line tra sede centrale e periferiche permette il trasporto giornaliero dei dati contabili e l'elaborazione centrale di questi. Da questa innovazione di processo si generano *innovazioni incrementali* come ad esempio la Matrice dei Conti che permette agli istituti di credito di ottenere un servizio dalla Banca d'Italia di fornitura on-line di dati o indicatori circa l'andamento sul mercato delle diverse aziende di credito, utili nelle decisioni strategiche di sviluppo.

Per quanto riguarda le funzioni operative, distinguiamo tra operazioni di sportello e di affidamento. Le operazioni di sportello hanno subito nella fase di automazione una routinizzazione di alcune procedure, come la compilazione di contratti di apertura di nuovi conti correnti. Le stesse procedure sono state sveltite nella fase di telematizzazione dal collegamento on-line e dal conseguente trasferimento immediato dell'informazione. Anche in quest'area gli effetti innovativi sono caratterizzati da *innovazioni di processo,* come ad esempio il front office on-line, che permettono l'espletamento di tradizionali operazioni in modo più efficiente. È in quest'area che si vengono a determinare in modo consistente anche *innovazioni di prodotto,* per effetto delle innovazioni di processo legate alla telematizzazione. Sono in quest'area tutti i nuovi servizi on-line, come le carte di credito, i POS, il cash management, resi possibili dalle nuove procedure on-line di produzione del servizio.

In quest'area, inoltre, si generano altri effetti innovativi riconducibili ad una diversa categoria, quella delle *innovazioni nel processo distributivo.* Un esempio di questa categoria è il servizio di cash dispenser, o Bancomat: grazie alla telematizzazione, il tradizionale servizio di erogazione

del contante avviene seguendo un nuovo modo di distribuzione, in un contesto spaziale più ampio.

Nell'area dei fidi, mentre l'automazione non ha generato nessun impatto, la fase di telematizzazione richiede la routinizzazione e standardizzazione delle procedure, generando anche in questo caso *innovazioni di processo.* La telematizzazione della procedura di fido richiede infatti la standardizzazione della decisione, innovando alcune fasi del tradizionale procedimento di erogazione del credito, come la fase di decisione che avviene oggi in base a parametri standard, piuttosto che su analisi specifiche di ogni singolo caso.

L'introduzione delle nuove tecnologie on-line ha permesso un processo di *innovazione funzionale* nell'area marketing. Questa funzione infatti, che fino a poco tempo fa era inesistente all'interno di un organigramma bancario, ora non solo esiste, ma sta sempre più assumendo, come vedremo in seguito più dettagliatamente (par. 3.3), un ruolo strategico nel processo innovativo di cambiamento.

Anche all'area di controllo di gestione sono attribuibili *innovazioni di processo:* mentre la fase di automazione non aveva avuto effetti sul controllo di gestione, la fase di telematizzazione permette una nuova procedura di controllo da parte della sede centrale sulle periferiche.

Infine, nell'area della pianificazione strategica, l'effetto generale della telematizzazione è quello di ampliare la base informativa intra e inter bancaria sulla quale la banca opera.

Gli effetti innovativi si riassumono in *innovazioni manageriali* e in *innovazioni nei processi informativi.* Le innovazioni manageriali nascono dalla maggior capacità di pianificazione in ampi contesti spaziali che i manager dovrebbero acquisire, grazie al collegamento on-line tra sede centrale e periferiche. Inoltre le reti telematiche sono alla base di un management information system elettronico, la cui applicazione e utilizzazione genererebbe innovazioni nei processi informativi all'interno delle aziende di credito. A differenza di quanto avviene nelle altre aree funzionali, nell'area della pianificazione strategica gli effetti innovativi sopra accennati non si stanno ancora sviluppando. Potenzialmente l'adozione delle reti telematiche dovrebbe portare allo sviluppo di questi effetti; tuttavia proprio in quest'area l'innovazione tecnologica dovrebbe esser affiancata all'innovazione organizzativa perchè si generino gli effetti positivi sperati.

Il processo innovativo generato dall'introduzione delle nuove tecnologie dell'informazione permette lo sfruttamento di nuovi vantaggi economici di produzione nelle differenti funzioni aziendali.

Innanzitutto gli istituti di credito sono in grado di sfruttare più ampiamente *economie di scala* nell'area amministrativa grazie all'utilizzo di elaboratori ad elevata capacità di memoria. Inoltre sono in grado di sfruttare, grazie alle nuove tecniche di comunicazione, *economie di scopo,* definite come quelle economie che si raggiungono grazie all'utilizzo dello stesso capitale fisso per produrre differenti prodotti/servizi, nell'area delle attività operative di sportello. Queste infatti usufruiscono della stessa rete fisica per la produzione e distribuzione di servizi differenti. È il caso dei POS, delle carte di credito, del Bancomat, tutti operanti grazie all'esistenza di un'unica rete telematica e di stesse camere di compensazione.

Nell'area delle attività operative, inoltre, le aziende di credito necessariamente rivedono la loro produzione in un'ottica di *customizzazione* del prodotto, che si allontana dalla produzione di massa in quanto più orientata alle esigenze del cliente e alla creazione di "servizi su misura".

Nell'area di marketing e della pianificazione strategica l'introduzione della telematica obbliga sempre più le banche a processi di trasferimento di *capacità competitiva a funzioni differenti o addirittura emergenti* (come è il caso del marketing). A livello strategico-decisionale è inevitabilmente necessario sviluppare un processo di *integrazione funzionale* e consentire un cambiamento di criticità di differenti funzioni. Il processo di integrazione funzionale può avvenire anche tra funzioni localizzate in aree differenti, grazie al collegamento on-line tra sede centrale e periferiche. La pianificazione degli investimenti in nuove tecnologie non solo crea presupposti per un lavoro strategico in comune tra funzioni precedentemente operanti in contesti differenti, ma obbliga ad una revisione della criticità di alcune funzioni rispetto ad altre nel difficile e complesso processo strategico-decisionale dello sviluppo aziendale.

3.2. Conseguenze macro-organizzative sull'organizzazione spaziale della produzione

È opinione diffusa che le nuove tecnologie dell'informazione, ed in particolare le nuove reti telematiche, abbiano come effetto primario il decentramento spaziale di molte attività.

Per gli istituti di credito, tradizionalmente operanti in aree geografiche disperse, le nuove tecnologie di comunicazione sono interpretate come efficaci strumenti per il decentramento di funzioni alle dipendenze. Il diretto contatto con le articolazioni territoriali sembra alleggerire le sedi centrali di responsabilità e di potere decisionale grazie ad un possibile immediato controllo sull'operato di ogni singola periferica.

L'analisi diretta da noi effettuata ridimensiona ampiamente questa visione: il processo di decentramento è frutto di problematiche molto complesse, non certo risolvibili con il semplice collegamento on-line tra filiali e sede centrale.

La tendenza manifestatasi nella suddivisione delle funzioni tra organi centrali e periferici è riassunta nella fig. 3:

- un primo effetto dell'utilizzo di reti per trasmissioni dati on-line è l'*accentramento* di funzioni di routine, standardizzate, legate ad operazioni amministrative e burocratiche. L'esistenza di un unico centro di elaborazione dati collegato in rete con le filiali comporta l'accentramento di tutte le operazioni amministrativo-contabili che con l'ausilio di reti telematiche possono essere trasmesse in

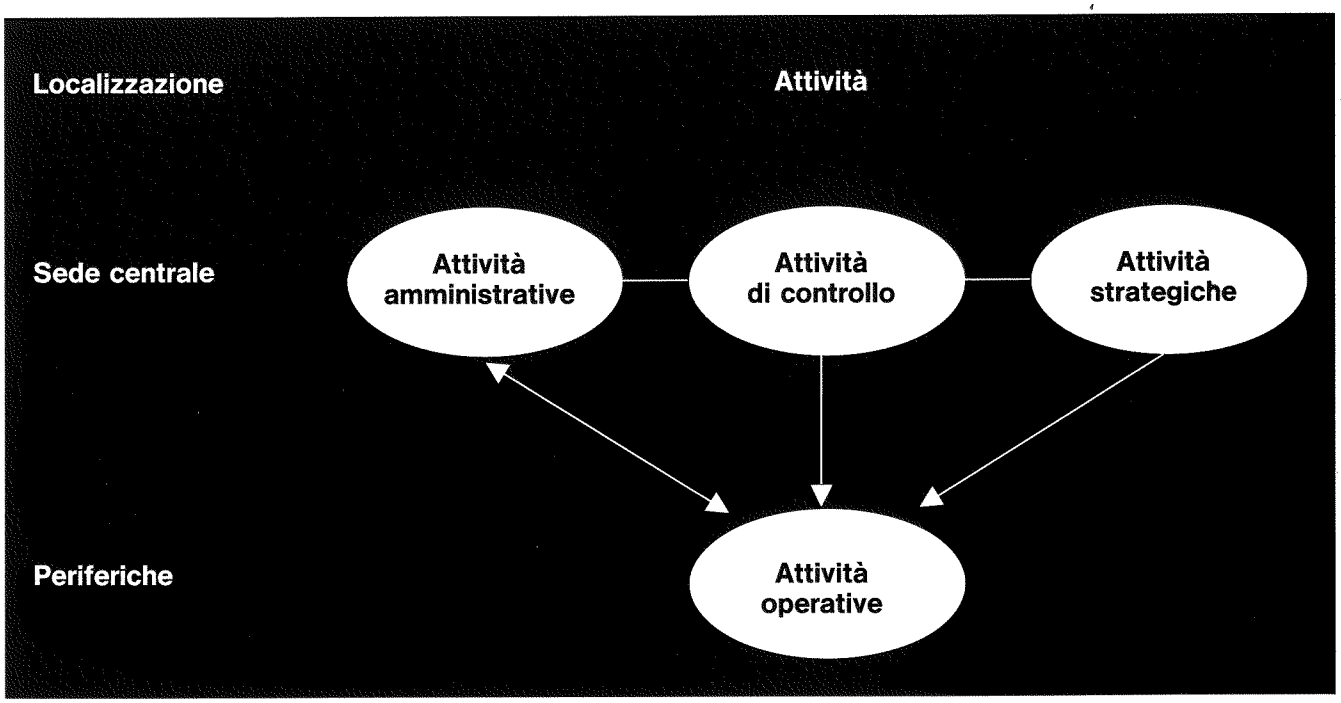


Fig. 3 - Localizzazione delle attività bancarie tra sede centrale e periferiche.

tempo reale con un aggiornamento quotidiano;

- la disponibilità di risorse nelle periferiche, alleviate da compiti amministrativi, ha permesso il *decentramento* di molte attività operative di produzione e distribuzione dei servizi. La "specializzazione" delle filiali nella distribuzione di servizi e nella gestione dei contatti con il pubblico, unita ad un alleggerimento dei tradizionali compiti di sportello grazie alla esistenza, anche se embrionale, di self-service bancario, contribuisce ad aumentare la qualità e l'efficienza del lavoro svolto nelle periferiche. Le nuove tecnologie tendono inoltre a spostare l'onere operativo di "input" delle transazioni bancarie dal dipendente al cliente-azienda (interconnessioni di elaborazioni EDP) ed al cliente-privato (macchine automatiche e prestazioni self-service), in modo da ridurre i costi operativi. Le periferiche diventano tipici "punti di vendita", si concentrano esclusivamente sui contatti col mercato, e diventano veri e propri strumenti di monitoraggio della domanda;
- alla sede centrale spettano le tradizionali attività decisionali e di controllo, per le quali l'effetto dell'introduzione della telematica solo in parte ha determinato un decentramento alle dipendenze.

Un'analisi più approfondita è necessaria per spiegare questo fenomeno: la nuova suddivisione delle attività tra sede centrale e periferiche è rappresentata nella figura 4, dove vengono messe a confronto la situazione passata, caratterizzata da processi di automazione, e quella attuale, venutasi a creare con l'introduzione di processi di telematizzazione nella catena di produzione.

Le *attività amministrative,* come abbiamo già avuto modo di dire, hanno subito un accentramento grazie alla connessione on-line in tempo reale delle filiali con l'elaboratore centrale ad elevata capacità di calcolo e memoria. Sia attività contabili, sia attività burocratico/amministrative vengono effettuate centralmente, con contatti quotidiani con le periferiche.

Le *attività operative* strettamente collegate alla distribuzione dei servizi sono tradizionalmente di competenza delle filiali, la cui articolazione territoriale permette un maggior avvicinamento al mercato e una maggiore area di azione.

Ampliano la loro gamma di azione nelle periferiche le attività di consulenza e assistenza finanziaria ai clienti, già in parte di loro responsabilità, nonchè si amplia la dimensione finanziaria delle decisioni di competenza periferica. La nuova tendenza che si delinea in quest'area è il decentramento di attività di erogazione di servizi specifici (fidi, mutui, contratti di deposito con modalità particolari), tradizionalmente accentrate in quanto contenenti fasi decisionali. Il controllo di queste fasi è reso più semplice grazie all'ausilio di supporti informatici e telematici; inoltre la standardizzazione della procedura, necessaria per la automatizzazione e la telematizzazione dell'erogazione di questi servizi, limita il grado di libertà delle periferiche, semplificandone il controllo.

Il collegamento on-line permette anche alle periferiche di svolgere maggiori attività operative grazie al trasferimento di informazioni contenute in banche dati centrali, utili per decisioni operative. Le filiali tendono pertanto a trasformarsi in unici punti di contatto col mercato; per questo assumono una nuova valenza strategica in quanto gestiscono autonomamente e completa-

	Ieri (Automazione)		Oggi (Automazione e Telematica)	
	Sede centrale	Periferiche	Sede centrale	Periferiche
Attività amministrative		Attività contabili Attività burocratico-amministrative	Attività contabili Attività burocratico-amministrative	
Attività operative	Attività di erogazione di servizi specifici	Attività di erogazione di servizi tradizionali Attività di consulenza e assistenza ai clienti		Attività di erogazione di servizi tradizionali Attività di consulenza e assistenza ai clienti Attività di erogazione di servizi specifici
Attività di controllo	Attività di controllo di gestione filiali Attività di controllo di gestione della banca		Attività di controllo di gestione filiali Attività di controllo di gestione della banca	
Attività strategiche	Attività decisionali e di pianificazione Attività decisionali legate ad attività operative		Attività decisionali e di pianificazione	Attività decisionali legate ad attività operative

Fig. 4 - Accentramento/decentramento delle diverse attività - Passato e presente a confronto.

mente il delicato rapporto banca/cliente.

Le *attività di controllo* dell'andamento generale della banca sulla situazione debitoria e creditoria e sul raggruppamento di obiettivi aziendali delineati, restano attività di stretta competenza di organi centrali, vista l'estrema importanza che queste attività assumono per un quadro di sviluppo generale coerente.

La tendenza in atto grazie allo sviluppo della telematica in banca è invece un cambiamento nelle attività di controllo sull'operato della singola filiale. Questo non avviene più giornalmente tramite il passaggio fisico e la verifica su supporto cartaceo dell'andamento della liquidità di ogni filiale.

Nella "nuova" gestione bancaria un'area di autonomia decisionale viene lasciata ai direttori delle periferiche, i quali hanno l'obbligo di raggiungere determinati obiettivi, decisi da organi centrali nell'ambito del quadro di sviluppo aziendale della banca, con margini temporali mensili e con una conseguente maggior autonomia decisionale per la gestione della singola filiale.

Per quanto riguarda le *attività strategiche* queste rimangono strettamente accentrate e gestite da organi centrali. La telematizzazione in quest'area permette il decentramento di attività decisionali legate ad attività operative.

Negli istituti di credito più tecnologicamente innovativi tra quelli intervistati, esiste la tendenza al decentramento dell'intera procedura di attribuzione dei fidi, per importi di credito richiesti non molto elevati.

La totale automatizzazione dell'intera procedura di fido, compresa la delicata decisione di erogazione del credito, viene gestita dalle filiali tramite terminali collegati in rete a data base sulla situazione creditoria del cliente, presso la banca (data base interni gestionali). Grazie a sistemi esperti, la valutazione avviene con immissione di semplici dati sul cliente e l'immediata elaborazione di indici, il cui scostamento da valori standard è la chiave di decisione per l'erogazione del fido. In questo caso, la decisione è presa a livello di singola filiale, alleggerendo le sedi centrali da attività di importanza strategica limitata.

La diffusione di questa procedura standardizzata è molto limitata anche nelle più innovative aziende di credito intervistate. Alcune non spingono lo sviluppo della telematica in quella direzione perchè non ritengono che la riduzione di decisioni a semplici pratiche standardizzate sia una scelta di valenza strategica.

I risultati sono interpretati come un acquisto di efficienza della banca, a scapito di un maggior controllo interno e di una più razionale politica degli impieghi e della gestione della liquidità.

Se analizziamo le attività che grazie alla telematizzazione hanno subito un cambiamento localizzativo, il comun denominatore è il trasporto di flussi informativi caratterizzati da *dati,* o comunque da *informazioni unidirezionali.* L'elevato utilizzo di data base gestionali e di marketing collegati alla rete dai quali attingere informazioni utili per attività operative di consulenza e assistenza, o il trasporto di dati grezzi per un'elaborazione centrale della situazione amministrativa, presuppongono esclusivamente il passaggio e la trasmissione di informazioni unidirezionali.

La maggior autonomia in termini di operatività delle filiali avviene grazie al possibile collegamento in tempo reale tra sede centrale e dipendenze: ancora una volta, tuttavia, si rende necessaria per il controllo a distanza la trasmissione di informazioni unidirezionali, in un quadro di gerarchie e potere prestabiliti (Camagni, 1987). Quanto invece non sta ancora avvenendo in banca è l'utilizzo di reti telematiche interne come supporto a decisioni strategiche, e il trasporto di informazioni bidirezionali.

Il sistema informativo manageriale, inteso come flussi di informazioni di supporto per decisioni strategiche, è scarsamente supportato da reti telematiche. Nelle aziende di credito analizzate risulta scarso l'utilizzo della posta elettronica interna, e l'accesso a data base interni ed esterni per informazioni sull'andamento del mercato.

Sulle reti telematiche non vengono trasportate *informazioni bidirezionali;* scambi di opinioni, di decisioni, di negoziazioni sono messaggi che non si avvalgono di un supporto elettronico. Le problematiche legate a questo fenomeno sono molte:

- l'utilizzo di reti per trasmettere questo genere di informazioni richiede strutture molto avanzate dal lato tecnico, per garantire la sicurezza e la riservatezza dei messaggi trasmessi; sono necessari sistemi elettronici che permettono una gerarchizzazione dell'accesso all'informazione. Le informazioni strategiche devono infatti essere disponibili solo ad alti livelli gerarchici, con la sicurezza che entrino in possesso solo di persone ben specifiche;
- l'utilizzo di reti telematiche per il trasferimento di informazioni strategiche presuppone il superamento di una mentalità manageriale legata alla pratica burocratica, con la possibilità di visti, firme e un controllo manuale in ogni fase del procedimento.

3.3 Conseguenze macro-organizzative sull'organizzazione funzionale: mutamenti nelle funzioni aziendali

Nell'ultimo decennio le banche hanno subito un cambiamento organizzativo interno, riassumibile nel passaggio dalla *banca tradizionale* alla *banca/industria.* Il fenomeno di industrializzazione bancaria legata alla telematizzazione è riscontrabile in due processi caratteristici:

- la creazione di nuove aree funzionali, come il marketing, tipiche di una struttura industriale;
- la diversa criticità e un maggior grado di collaborazione interfunzionale di alcune funzioni, come l'organizzazione, la pianificazione e i sistemi informativi.

L'introduzione della telematica nelle banche ha avuto infatti un ruolo importante nella creazione di un'*attività di marketing,* sviluppata nelle aziende di credito solo da pochi anni. Nelle banche la funzione di marketing ha infatti sempre avuto un ruolo minore e una capacità limitata, essendo l'azienda bancaria abituata a operare in una sorta di regime di monopolio spaziale. Le condizioni di mercato richiedono oggi invece un'aggressività commerciale non diversa da quella delle aziende industriali, e strategie tali da consentire lo sviluppo in un mercato fortemente concorrenziale. La banca deve investire e sviluppare un sistema informativo opportunamente costruito per il marketing con cui gestire il grande numero di informazioni necessarie, utilizzando banche dati e ricerche di mercato. La telematica in questo processo ha un duplice ruolo:

- da un lato, aumenta l'efficacia dell'attività di marketing nella fase di necessaria propaganda per il lancio dei nuovi servizi, e per la creazione di una domanda ben definita di queste innovazioni;
- dall'altro, favorisce l'attività di marketing supportandola con la possibilità di ottenere data base creati allo scopo.

L'attività di marketing assume sempre più un'importanza cruciale nello sviluppo e supporto dei nuovi servizi telematici offerti alla clientela. Da un lato, tramite indagini di mercato, individua le *aree di sviluppo* più promettenti per determinati servizi da offrire alla clientela. Lo sviluppo di nuovi servizi on-line come il cash management o il RIBA è basato su analisi di marketing, che intravedono nicchie di mercato promettenti in termini di domanda potenziale. Dall'altro, una volta introdotti i servizi, l'area marketing individua, con appositi data base, la clientela con specifiche caratteristiche per una politica di sostegno e di incentivo dei nuovi servizi. L'attività è pertanto fondamentale a monte e a valle del processo di creazione dei nuovi servizi e diventa una funzione chiave per lo sviluppo strategico delle innovazioni nel modo di fornitura dei servizi.

Le innovazioni di processo interne, ossia l'utilizzo di reti per trasmissioni dati, supportano le funzioni di marketing con la disponibilità di data base per selezionare aree di clientela alle quali offrire i nuovi servizi. L'utilizzo di data base per questo scopo è attualmente molto limitato nelle aziende di credito; le stesse banche dati per questo scopo risultano più limitate, in termini di informazioni disponibili, delle banche dati per scopi gestionali. Inoltre, spesso non sono direttamente collegate in rete con l'area marketing alla quale sono destinate, e il trasporto dal centro di elaborazione dati all'area utilizzatrice avviene ancora su supporto cartaceo con trasporto fisico dei tabulati.

Molte delle informazioni da memorizzare nelle banche dati di marketing sono in realtà il sottoprodotto di un'attività di elaborazione di dati che viene già effettuata dalle azien-

de di credito per svolgere la normale attività tradizionale: questi dati, tuttavia, sono generalmente rimasti un patrimonio disperso nella mente di pochi e nei documenti allegati alle singole pratiche, senza una razionale organizzazione del materiale statistico-informativo, ottenibile invece tramite un uso *più sofisticato* dell'automazione. La spiegazione di questo fenomeno è legata a diversi ordini di motivi:

- innanzitutto, il costo di banche dati di questo genere è ancora elevato;
- in secondo luogo, è richiesta una sempre maggiore flessibilità alla banca dati usata per questo scopo. La selezione automatica di clienti con caratteristiche ben precise da un data base generale è caratteristica richiesta e spesso mancante per un efficiente uso della telematica come supporto all'attività di marketing;
- infine, è richiesto a questi data base un elevato livello di disaggregazione. Con politiche di cross-selling, una volta colto un cliente per un servizio, politiche promozionali presso lo stesso cliente supportano la vendita di altri servizi.

Un secondo mutamento dovuto al processo di telematizzazione che pervade gli istituti di credito in questi anni è un cambiamento nella *criticità* di alcune funzioni tradizionali, che ha determinato nei casi più eclatanti un cambiamento nell'organigramma della banca.

Vengono ad assumere un ruolo cruciale le funzioni di *organizzazione,* di *pianificazione e controllo* e i *sistemi informativi;* il processo di telematizzazione ha aumentato la loro criticità nella struttura funzionale bancaria e allo stesso tempo le occasioni di collaborazione.

Lo stretto legame tra queste funzioni deriva dalla necessità di creare procedure informatiche interne "su misura", rispondenti cioè alla necessità e alla struttura di ogni singola banca. La telematizzazione delle procedure interne della banca è infatti un tipico processo che si sviluppa con prodotti ad hoc, selezionati sulla base delle esigenze di pianificazione e della struttura organizzativa esistente. L'interrelazione tra organizzazione, pianificazione e sistemi informativi permette il coordinamento delle procedure di sviluppo aziendale con quelle informatiche e con le esigenze organizzative interne.

A differenza delle innovazioni nella distribuzione dei servizi, i cui prodotti sono standardizzati e simili per tutte le banche, le innovazioni di processo si calano in contesti differenti da banca a banca, modellate ogni volta sulle esigenze di ogni singolo istituto di credito. L'interfunzionalità garantisce uno sviluppo informatico interno razionale e coerente con gli obiettivi aziendali e con le strategie di organizzazione perseguite.

3.4. Il processo di telematizzazione in banca: prospettive

Esistono ancora grandi potenzialità e vincoli per lo sviluppo di un sistema integrato di trasporto delle informazioni su rete e per il raggiungimento di effetti di decentramento decisionale e di responsabilità.

Un'analisi delle aree applicative di possibile sviluppo delle tecnologie informatiche per funzioni è mostrata nella figura 5. L'area di più avanzata applicazione di queste tecnologie è l'*area amministrativa,* storicamente la prima ad essere automatizzata nel processo di informatizzazione della banca. Elaboratori con ampie capacità di calcolo e di memoria rispondono ormai alla necessità di gestione dei dati, così come avanzate reti telematiche dedicate garantiscono la comunicazione online. Esistono ancora nicchie per possibili sviluppi informatici e i vincoli nell'utilizzo della telematica in quest'area sono esclusivamente legati alle risorse finanziarie disponibili per investimenti.

Nelle *operazioni di sportello* sono individuate ancora molte aree di potenziale applicazione delle nuove tecnologie. Queste sono riassumibili nel superamento di una grande limitazione che attualmente caratterizza le operazioni di sportello, ossia l'integrazione tra operazioni sportello e office automation.

La divisione tra funzioni di sportello e office automation limita l'efficienza e la qualità delle prestazioni che potrebbero essere facilmente aumentate con un semplice passo verso l'integrazione delle due aree. Ad esempio, la stipulazione di un contratto per l'apertura di un nuovo rapporto creditizio è una procedura di sportello svolta manualmente e l'inserimento dei dati sul cliente per l'archiviazione della pratica avviene in una successiva fase.

La semplice unione delle sue fasi, ossia l'inserimento dei dati sul cliente e la compilazione automatica del contratto, avvantaggerebbe le operazioni con un maggior grado di efficienza interna e di qualità del servizio reso.

La tradizionale introduzione dell'automazione informatica in banca, e il successivo passaggio alla telematica per la risoluzione di problemi contabili e operativi non ha finora realizzato il passaggio ad un sistema informativo integrato interfunzionale. Una mentalità ormai radicata nell'utilizzo di procedure standard, alla quale sfuggono le ampie potenzialità di miglioramento nella qualità del servizio e nell'efficienza interna, legate al passaggio ad un sistema integrato, rappresenta il grande vincolo da superare.

Per quanto riguarda le *operazioni di affidamento,* la telematizzazione di tutta la procedura grazie a sistemi esperti per importi di fido contenuti sveltirebbe le pratiche burocratiche manuali. I vincoli, in questo caso, sono rappresentati da elevati costi tecnologici legati all'installazione e alla manutenzione dei sistemi esperti e dalla diffusa incertezza circa la standardizzazione di scelte decisionali.

Una maggior integrazione è possibile ed auspicabile anche nell'area del *controllo di gestione.* Il sistema di definizione di obiettivi per il controllo mensile di gestione a livello di filiale potrebbe diventare uno strumento strategico grazie al suo livello di disaggregazione per singolo cliente. Il grado di informatizzazione e telematizzazione in quest'area è molto basso per la mancanza di un software adatto. Avendo investito nell'in-

FUNZIONI	POTENZIALITÀ	VINCOLI
Operazioni amministrative	Automazione di alcune nicchie	Disponibilità di risorse finanziarie
Operazioni di sportello	Integrazione tra sportello bancario e office automation	Problemi di organizzazione e di mentalità
Operazioni di affidamento	Telematizzazione di tutta la procedura con i sistemi esperti	Investimenti elevati Incertezza sulla standardizzazione di scelte decisionali
Operazioni di controllo di gestione	Sviluppo di software adatto	Problemi tecnologici
Operazioni di marketing	Data base specifici più ampi e flessibili	Costi per data base più sofisticati
Operazioni di pianificazione strategica	Management information system elettronico	Segretezza sulle informazioni trasmesse

Fig. 5 - Potenzialità e vincoli per aree funzionali di un sistema informativo integrato.

formatizzazione delle attività di base, le aziende di credito sfruttano ormai forti economie di scopo nell'utilizzo delle già esistenti infrastrutture e dei già conosciuti data base. I problemi adesso sono la formulazione di specifici software per l'elaborazione delle informazioni.

Una maggior esperienza di data base di *marketing* è una condizione per l'introduzione dell'informatica e della telematica in quest'area, ma gli elevati costi per data base più sofisticati limitano ampiamente lo sviluppo della telematica in questa direzione.

Infine, l'area di *pianificazione strategica* è un'area dove ancora la telematica e l'informatica hanno avuto scarsa applicazione.

I data base e i modelli di simulazione, su cui si sviluppa il management information system elettronico, richiedono un maggior grado di flessibilità e informazioni molto disaggregate, a livello di singolo cliente.

Il livello di penetrazione raggiunto in quest'area dalle nuove tecnologie dell'informazione è comunque molto ridotto: alcune scelte strategico-decisionali non trovano supporto nell'introduzione dell'informatica, come ad esempio decisioni legate alla rete spaziale di sportelli dell'istituto di credito.

Nell'area di pianificazione strategica questi strumenti telematici hanno solo un ruolo *di supporto* all'attività svolta manualmente, a differenza delle altre aree funzionali dove le procedure telematiche hanno un ruolo *di sostituzione* di intere fasi o processi.

3.5. Innovazione nei rapporti interbancari: la tendenza in atto

Le innovazioni tecnologiche, sia di processo sia di prodotto, rappresentano nuovi strumenti strategici per competere con la ormai agguerrita concorrenza del settore.

Questa infatti, impone alla banca una radicale trasformazione dei rapporti interbancari, spingendoli in due direzioni opposte, di *cooperazione* e di *concorrenza* allo stesso tempo.

La creazione di servizi interbancari on-line, con lo sfruttamento di reti inter-bancarie, richiede un notevole grado di cooperazione tra banche, senza il quale sarebbe pressochè impossibile l'introduzione di questi servizi.

D'altro canto, proprio questi servizi e queste nuove tecnologie dell'informazione in generale diventano sempre più strumenti adatti per competere con la concorrenza, attraverso l'offerta di una più ampia gamma di prodotti, una maggior qualità ed efficienza dei servizi e attraverso la conquista di nicchie di mercato che rappresentano specifiche esigenze dell'utenza.

Due sono le tipologie delle reti esterne con cui l'impresa bancaria si connette con l'ambiente competitivo: le reti interne accessibili alla clientela della banca e le reti interbancarie.

Le prime rappresentano reti di collegamento, su infrastrutture private o pubbliche, tra le aziende di credito e i loro clienti, per l'offerta di servizi su misura al cliente. Come una recente ricerca ha messo in luce (Capello, 1988), lo sviluppo di queste reti ha ancora notevoli problemi di gestione istituzionale.

Esiste infatti il pericolo per i gestori pubblici che queste reti dedicate vengano utilizzate dalle banche per comunicazioni internazionali con la loro clientela, localizzata in altre città o addirittura in altri Paesi.

In questo modo le banche e i loro clienti possono sfruttare l'opportunità di una comunicazione extra urbana internazionale o intercontinentale al costo di una comunicazione urbana.

Le reti interbancarie permettono la comunicazione a livello di terminale tra banche e istituti di credito in tutto il mondo (ad esempio la rete SWIFT). La cooperazione tra banche è necessaria per "l'informatizzazione per il mercato", dove con questo termine intendiamo l'offerta di servizi telematici ai clienti da parte delle aziende di credito. Lo sviluppo di servizi come il Bancomat, le carte di credito, i Pos, il cash management, che richiedono trasferimenti elettronici di fondi su reti interbancarie, è garantito da un livello elevato di cooperazione tra banche nazionali ed estere.

Al contrario, la concorrenza si apre sul lato della produzione, dove l'installazione di moderne reti private, di sofisticati software e di ampi data base posiziona la banca in situazione di vantaggio rispetto alle altre.

La tendenza in atto mostra che tra i due pattern di sviluppo della telematica in banca (dal lato della produzione - reti interne - e dal lato della distribuzione - reti interbancarie) l'informatizzazione per il mercato rappresenta il settore di maggior crescita attuale e prevista per i prossimi anni.

Le innovazioni tecnologiche destinate al mercato prendono piede nelle banche in modo più semplice e veloce di quanto non accada con reti e strutture informatiche utilizzate nel processo produttivo. Le ragioni di questo fenomeno sono diverse (Capello, Taylor e Williams, 1990):

- innanzitutto, come abbiamo avuto modo di notare, le innovazioni tecnologiche dal lato del mercato sono prodotti standard, che non richiedono lunghe e costose procedure di pianificazione come accade invece per le innovazioni dal lato della produzione; queste sono prodotti ad hoc, confezionati sulle necessità della singola banca, pertanto più costosi in termini di risorse umane e finanziarie coinvolte;
- di conseguenza, i cambiamenti organizzativi richiesti dal processo di informatizzazione per il mercato si limitano a cambiamenti micro-organizzativi nelle mansioni svolte a livello di impiegato di sportello. Nel caso invece di informatizzazione di procedure interne, i cambiamenti organizzativi sono molti e complessi, ed influenzano le funzioni aziendali, la criticità ed importanza di queste, il delicato problema di decentramento o accentramento del potere alle dipendenze e il controllo su queste, uniti al fatto che i cambiamenti nella forza lavoro coinvolgono anche livelli manageriali;
- la concorrenza nel settore è tale che per questioni di immagine le banche sono stimolate ad investire nei servizi on-line da offrire alla clientela. La ormai diffusa offerta di servizi come il Bancomat e le carte di credito è tale che il rifiuto di introdurre questi servizi si tramuta per la banca non adottante in *svantaggi competitivi,* con rischio di perdita di clientela specifica.

Finora le nuove tecnologie hanno spinto verso una maggior cooperazione interbancaria, accettata e gestita dalle aziende di credito nell'ottica di un mantenimento dell'immagine sul mercato e verso la clientela.

L'innovazione tecnologica nelle aziende di credito sembra essere fino ad oggi finalizzata al raggiungimento di una maggior efficienza interna, mentre i due livelli superiori dei vantaggi economici raggiungibili (una maggiore efficacia e una maggiore competitività) non sembrano rappresentare obiettivi altrettanto chiaramente definiti.

Dall'analisi svolta, infatti, l'adozione delle nuove tecnologie dell'informazione dal lato della produzione sembra essere dettata, il più delle volte, da obiettivi di semplice riduzione dei costi di personale, senza una chiara coscienza delle possibilità insite nelle nuove tecnologie in termini di efficacia decisionale e di vantaggi competitivi.

4. L'innovazione micro-organizzativa

Nello sviluppo degli effetti micro-organizzativi si possono delineare, a nostro avviso, due fasi successive;

- una prima fase nella quale prevalgono, con l'introduzione di processi di automazione, gli *effetti quantitativi* (rispetto a quelli qualitativi) di riduzione della forza lavoro a livello impiegatizio. Fin dai primi anni dell'introduzione dei computer per operazioni amministrative ripetitive, il numero di occupati nei livelli più bassi è diminuito (Bracchi, 1985). I cambiamenti qualitativi sono limitati a variazioni di alcune mansioni a livello impiegatizio, che devono essere svolte con l'ausilio di strumenti informatici;
- una seconda fase durante la quale prevalgono *effetti qualitativi* di qualificazione del personale, legati alla richiesta di una diversa professionalità degli occupati e di differenti mansioni da svolgere. Questa fase non colpisce solo i livelli impiegatizi; infatti i processi di automazione e di telematizzazione impongono procedure diverse per svolgere compiti anche a livello manageriale. Non a caso, nel linguaggio della letteratura organizzativa, anni fa, si faceva riferimento al "funzionario"; oggi è sempre più frequente ritrovare il termine "manager" anche con riferimento al mondo bancario (Capucci, 19884; Freiherr von Spiegel, 1986).

È evidente come, da un punto di vista strettamente aziendalistico, la seconda fase contenga problematiche organizzative più complesse della semplice riduzione del personale (Camagni e Scarpinato, 1988).

Per quanto riguarda il tema della *riduzione della quantità complessiva di lavoro umano,* si osserva che la pesante riduzione di occupati nella banca è ormai avvenuta con l'introduzione e lo sviluppo negli anni settanta dell'automazione. La riduzione continuerà, in misura estremamente variabile ma consistente, anche se siamo ancora ben lontani dalla totale automatizzazione bancaria e dallo sportello completamente automatico.

Più significativo in banca è il fenomeno di *accorpamento* di mansioni appartenenti a diverse funzioni dello stesso livello gerarchico. È questo un processo che avviene solo a livello di impiegati, come è il caso del *terminalista-cassiere.* Questa non è una nuova figura professionale, perchè è connessa ai soliti compiti di sportello di trattamento e di distribuzione dei servizi di deposito e di prelievo del contante da parte della clientela. L'accorpamento della funzione di semplice cassiere a quella di impiegato di sportello è la novità apportata dalle nuove tecnologie bancarie. Le vecchie mansioni vengono così svolte da una sola persona, ottenendo un aumento di produttività ed efficienza del sistema. Un altro esempio dello stesso fenomeno è l'accorpamento di funzioni di sportello con compiti di consulenza e assistenza finanziaria ai clienti: grazie a sistemi esperti, funzionanti su rete e con l'ausilio di personal computer, l'impiegato allo sportello è in grado di svolgere consulenza finanziaria, precedentemente svolta esclusivamente da personale qualificato.

Gli effetti dell'automazione bancaria sul *mix di compiti,* e di conseguenza sul mix di professioni, sono sottolineati da una tendenza verso funzioni più qualificate e professionali.

Nelle funzioni relative al contatto col pubblico, i compiti consulenziali, o comunque ad alto contenuto qualitativo, prevarranno sui compiti a contenuto elaborativo/ripetitivo, che tenderanno a scomparire. Di conseguenza, il mix di professionalità richiesta sarà a livello più elevato.

Un altro fenomeno tipico dell'introduzione dell'automazione nella banca è l'emergere di alcune figure professionali *non* legate all'attività creditizia. Si tratta di figure con know-how tecnico, legate sia a conoscenze informatiche, utili per i processi di automazione, sia a conoscenze di tecnologia di rete, per i processi di telematizzazione.

La formazione di questo personale ha permesso la creazione di un supporto interno qualificato agli utenti per l'utilizzo dei nuovi strumenti evitando la dipendenza dai fornitori di software e hardware.

Nelle attività strategiche, i processi di automazione e telematizzazione richiedono cambiamenti nel modo stesso di prendere decisioni. I supporti elettronici per flussi informativi utili all'attività decisionale hanno scarsa applicazione anche per lo sforzo che richiedono al management di seguire procedure strategiche diverse, o comunque supportate da strumenti differenti.

Un ultimo importante effetto dell'informatizzazione che va ricordato è il livellamento della produttività dei dipendenti con diversi anni di anzianità: il cambiamento delle procedure da manuali a informatiche riporta ogni lavoratore a doversi confrontare con nuovi processi operativi, generando un conseguente livellamento del grado di produttività. È questo uno dei maggiori problemi che si devono affrontare a livello psicologico e che spesso è causa di perdite di risorse umane, specialmente a livelli più elevati e con gradi di anzianità maggiori.

La riconversione e riqualificazione del personale, per essere efficienti, devono essere vissute in modo mirato, e non devono rispondere alle sollecitazioni casuali (Rizzo, 1985; Ruozi, 1983). Questo significa non solo far partecipare il personale che verrà "liberato" da innovazioni di processo a corsi di formazione e riqualificazione, ma coinvolgere lo stesso agli obiettivi aziendali in modo coerente e trasparente.

Questa politica di gestione del personale, che ancora è poco percepita nelle strategie di riqualificazione nelle aziende di credito italiane, se attuata, creerà le premesse per un utilizzo più efficiente delle risorse umane.

5. Conclusioni

Come considerazione conclusiva vogliamo sottolineare come l'introduzione delle nuove tecnologie comporti la possibilità per le aziende di credito di raggiungere vantaggi economici di diversa natura (Williams, 1987). La fase dell'automazione ha permesso alle imprese bancarie di aumentare l'*efficienza* interna, con lo sveltimento di funzioni tradizionalmente svolte attraverso l'utilizzo di vaste risorse umane e di tempo.

Con la telematizzazione è possibile sfruttare più elevati vantaggi economici, e in particolare il raggiungimento di una maggiore *efficacia* di alcune procedure, grazie alle numerose innovazioni di processo e di prodotto in diverse aree funzionali.

Per ottenere *vantaggi competitivi* dalle tecnologie dell'informazione le banche devono sfruttare infrastrutture di supporto alla "produzione" interna; per garantirsi vantaggi economici dall'utilizzo di queste reti devono tuttavia affrontare i cambiamenti organizzativi richiesti per sfruttarne le potenzialità tecnologiche nel modo appropriato. La semplice esistenza di reti per trasporto dati non garantisce il raggiungimento di vantaggi competitivi: il loro utilizzo deve avvenire con il supporto di una struttura organizzativa interna capace di modellarsi in base alle esigenze delle nuove tecnologie per il raggiungimento degli obiettivi aziendali prefissati. Solo con una *interazione* tra tecnologia / organizzazione / strategia aziendale le innovazioni tecnologiche calate in un contesto produttivo diventano armi strategiche per ottenere vantaggi competitivi.

Infine un ultimo vantaggio economico che può essere sfruttato dalle aziende di credito grazie all'utilizzo di reti telematiche è determinato dai *vantaggi cooperativi* che nascono dallo sfruttamento delle reti interbancarie. Queste nuove tecnologie impattano profondamente sui rapporti interbancari, spingendoli verso le direzioni opposte della cooperazione e della concorrenza allo stesso tempo. Per quanto riguarda l'informatizzazione per il mercato, questa è dettata da regole di cooperazione per lo sfruttamento di reti interbancarie la cui esistenza è fondamentale per lo sviluppo dei servizi on-line. Da questo lato le banche sembrano percepire i vantaggi economici di una stretta cooperazione, necessaria per far decollare questi servizi. Ormai la non introduzione

di servizi come il Bancomat o le carte di credito si trasforma per le aziende di credito in svantaggio competitivo con perdita possibile di quote di mercato.

Queste reti possono essere definite *club goods* per la loro caratteristica di poter essere sfruttate in modo esclusivo, ma non rivale, da parte delle aziende di credito collegate alla rete, che sfruttano un vantaggio economico (cooperativo) dalla loro partecipazione e dal loro contributo nel "club".

È indubbio che le banche si stiano oggi muovendo in direzione di un assorbimento delle innovazioni tecnologiche: tuttavia si tratta di un processo lungo, faticoso e costoso in termini finanziari e di risorse coinvolte. È pertanto comprensibile come questo processo avvenga in tempi relativamente lunghi.

Bibliografia

[1] BARAVELLI M. (1984a), *"Politiche di automazione e home banking: prospettive per le banche italiane"*, in Banche e banchieri, n. 12, 1007-1018.

[2] BARAVELLI M., (1984b), *"Strategia della banca ed articolazione organizzativa degli sportelli"* in Sviluppo e organizzazione, n. 85, pp. 21-33.

[3] BARAVELLI M. (1985), *"Evoluzione dell'attività bancaria e innovazioni organizzative: tendenze e prospettive per le banche italiane"*, in Economia, banca e congiuntura, n. 2, pp. 233-251.

[4] BASTASIN C. (1987), *"Il banchiere si prepara agli esami di maturità"*, in Mondo economico, 29 giugno.

[5] BIANCHI T. (1983), *"L'evoluzione tecnologica e l'economia della banca"*, in Banche e banchieri, n. 12, pp. 1085-1095.

[6] BRACCHI G. (1985), *"Manager bancario e nuova informatica"* in L'impresa banca, giugno 1985, n. 2, pp. 21-27.

[7] CAMAGNI R. (1987), *"The spatial implications of technological diffusion and economic restructuring in Europe with special reference to the Italian case"*, paper presentato all'Expert Meeting su Technological developments and urban change, Parigi, 29-30 giugno.

[8] CAMAGNI R. e CAPELLO R. (1989), *"Scenari di sviluppo della domanda di sistemi di telecomunicazione in Italia"*, in Finanza, marketing e produzione, n. 1, marzo, pp. 87-138.

[9] CAMAGNI R. e RABELLOTTI R. (1988), *"Informatica e innovazione: il caso del settore tessile/abbigliamento"*, in Quaderni di informatica, n. 3, pp. 5-14.

[10] CAMAGNI R. e SCARPINATO M. (1988), *"Il lavoro e l'organizzazione nella fabbrica automatica"*, in Sviluppo e organizzazione, n. 110, novembre/dicembre, pp. 73-99.

[11] CAPELLO R. (1988), *"La domanda di reti e servizi di telecomunicazione nell'area metropolitana milanese: vincoli e strategie"*, in Camagni R. e Predetti A. (a cura di) La trasformazione economica della città, IReR, Franco Angeli Editore, Milano.

[12] CAPELLO R. (1989a), *"Le nuove potenzialità telematiche"*, in Sviluppo e organizzazione, n. 111, pp. 3-8.

[13] CAPELLO R. (1989b), *"Telecomunications and the spatial organisation of production"* in Newcastle Studies of the Information Economy, University of Newcastle, n. 10.

[14] CAPELLO R. (1989c), *"Reti telematiche e sviluppo locale"*, in Sviluppo e Organizzazione, n. 115, pp. 41-51.

[15] CAPELLO R., TAYLOR J. e WILLIAMS H. (990), *"Computer networks and the reconstruction of competitive advantages in the Building Societies sector"*, working paper n. 8, CURDS, University of Newcastle, in via di pubblicazione in International Journal of Information Management, marzo 1989.

[16] CAPUCCI U. (1984), *"Il manager bancario nella società di oggi"*, in L'impresa banca, giugno, n. 1, pp. 37-49.

[17] CHANDLER (1962), *"Strategy and structure"*. Chapters in the history of American Industrial Enterprise, Mit Press.

[18] COLANGELO N. (1985), *"L'informatica come strumento per l'innovazione in banca"*, in L'impresa banca, n. 2, giugno, pp.15-20.

CREDITO ITALIANO (1986), *L'evoluzione della automazione nelle aziende di credito,* Centro formazione professionale, febbraio.

[19] DE MATTÈ C. (1984), *"Le strategie nell'attività bancaria"*, in L'impresa banca, n. 1, giugno, pp. 28-36.

[20] DISTASIO S. (1984), *"Innovazione tecnologica per lo sviluppo dei nuovi sistemi di pagamento: problemi di adeguamento della struttura bancaria"*, in Economia e commercio, n. 1-2, pp. 29-39.

[21] FELLER G. e VIGORELLI M. (a cura di) (1988), *"Banca anni '90,* Edizioni Sole 24 Ore.

[22] FORESTIERI G. (1983), *"Evoluzione dello scenario finanziario e della tecnologia e sviluppo dell'organizzazione bancaria"*, in Sviluppo e organizzazione, n. 76, marzo-aprile, pp. 7-17.

[23] FREIHERR VON SPIEGEL R. (1986), *"L'influsso delle nuove tecnologie sulla politica del personale nelle banche"*, in Economia e banca, n. 1, pp. 50-74.

[24] GUEGAN J.P. (1987), *"Evolution des systems d'information bancaires: la fin des dinosaures?"*, in Bancatique, n. 26, aprile, pp. 177-184.

[25] INVERNIZZI E. (a cura di) (1985), *"Organizzazione del lavoro in banca e automazione"*, Franco Angeli Editore.

[26] MATTEIS R. (1980), *"Innovazione tecnologica e cambiamenti nei servizi bancari"*, in Sviluppo e Organizzazione, n. 57, gennaio-febbraio, pp. 39-56.

[27] MOTTURA P. (1986), *"Aspetti organizzativi dell'innovazione finanziaria"*, in Banche e banchieri, n. 7/8, luglio/agosto, pp. 545-552.

[28] MUNARI L. (1980), *"Organizzazione delle aziende di credito: alcuni spunti per l'analisi"*, in Sviluppo e organizzazione, n. 59, maggio-giugno, pp. 15-18.

[29] OCCHINI G. (1985), *"Realtà e prospettive dell'informatica in banca"*, in L'impresa banca, n. 2, giugno, pp. 7-14.

[30] PAOLUCCI S. (1988), *"La banca, l'impresa e l'innovazione finanziaria"*, in Finanza, marketing e produzione, n. 1, pp. 23-40.

[31] PERETTI C. (1989), Intervento al convegno della C.E.I.I.L. sul tema *"I servizi telematici per la competitività e l'innovazione dell'impresa banca,* tenuto al Centro Congressi Cariplo, 3/4.

[32] RAULE R. (1985), *"Electronic banking: nuovi strumenti a disposizione delle imprese"*, in Economia, banca e congiuntura, n. 1, pp. 5-25.

[33] RIZZO V. (1985), *"Innovazioni nella banca"*, in Economia e credito, dicembre, n. 4, pp. 195-237.

[34] RUOZI R. (1983), *"La gestione delle risorse umane nelle banche"*, in Bancaria, n. 4, aprile.

[35] SAITA M. (1984), *"Innovazione tecnologica ed efficienza organizzativa nelle aziende di credito"*, in Il risparmio, n. 2, pp. 327-353.

[36] SALVEMINI S. (1985), *"L'area tecnologica come elemento cruciale della strategia nelle banche italiane"*, in Invernizzi (a cura di)

[37] STACCA M. (1984), *"Il controllo strategico nell'organizzazione bancaria"*, in Economia e commercio, n. 1-2, pp. 49-55.

[38] TACCI M. (1985), *"L'automazione della banca: quali le attese e quali i ritorni"*, in Banche e banchieri, n. 4, aprile, pp. 261-271.

[39] WILLIAMS H. (1987), *"The use and consequences of information and communications technologies and trade in information services"*, memo disponibile presso l'autore al CURDS, University of Newcastle, Newcastle upon Type NE1 7RU.

Introduzione al problema degli archivi

LEONARDO FELICIAN (*)

Dipartimento di Ingegneria Elettronica
e Informatica
Università di Trieste

1. Origine degli archivi

La memorizzazione dell'informazione costituisce il principio stesso della vita: le sequenze di DNA mediante le quali è rappresentato il codice genetico rappresentano un sistema mirabile ed evidentemente molto efficiente di manutenzione del complesso progetto che porta alla nascita e al successivo accrescimento degli esseri viventi.

Non è azzardato affermare che il predominio della specie umana sul pianeta sia conseguenza della capacità di registrare in maniera sempre più accurata la memoria del proprio gruppo sociale [1]. Nell'evoluzione della civiltà il primo bisogno dell'uomo dopo quello di darsi una discendenza è stato quello di darsi una memoria, per ricordare e comunicare ai membri del proprio gruppo dati fondamentali per la sopravvivenza, legati al cibo, all'acqua, ai nemici. Successivamente, con l'accrescersi della complessità delle organizzazioni sociali, insorse la necessità di memorizzare possessi di beni, contratti, transazioni di commercio.

La prima forma di fissazione della memoria è legata al segno grafico: i graffiti ed i dipinti ritrovati sulle pareti delle caverne abitate dagli uomini preistorici in Europa, in Asia e in Africa sono oggi interpretati non tanto come espressioni artistiche, quanto come primitivi documenti. Parallelamente si diffondeva la trasmissione orale, tramandata da persona a persona. Il passaggio dalla preistoria alla storia avviene proprio nel momento della maturazione della capacità di documentare in maniera permanente - con termine informatico si direbbe *non volatile* - lo sviluppo della civiltà. Con il progredire delle epoche, il disegno si fa sempre più stilizzato ed assume valenze simboliche, come nel caso dei geroglifici egiziani ed aztechi e degli ideogrammi cinesi.

Il passo successivo è costituito dall'invenzione della scrittura, attribuita ai Sumeri, che codificarono un valore fonetico, sillabico o alfabetico, senza alcun rapporto con l'oggetto o il concetto rappresentato. Da allora questo sistema, con codifiche diverse (dai caratteri cuneiformi mesopotamici al lineare B cretese, dall'alfabeto greco e poi latino alle sequenze di bit), ha sempre accompagnato lo sviluppo della civiltà umana.

La trasformazione del disegno grafico si completa con il varo di progetti di analisi elettronica di caratteri antichi, in particolare del cuneiforme [13]: in Italia ALTAN (*Analisi Linguistica dei Testi Assiri e Nuziani*), promosso dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, negli Stati Uniti OBLAP (*Old Babylonian Linguistic Analysis Project*) e ultimo in ordine di tempo il *Neo-Assyrian Text Corpus Project,* un progetto internazionale promosso dall'Accademia di Finlandia che si propone di elaborare su personal computer tutti i testi esistenti in lingua assira e di organizzare in maniera sistematica le informazioni relative agli archivi di Stato di Ninive, la capitale assira caduta 2600 anni or sono. La scrittura assira può essere visualizzata sullo schermo traslitterata oppure nei caratteri cuneiformi.

Ad ogni modo, il sistema di memorizzazione dell'informazione è stato originariamente impiegato per esigenze che oggi si definirebbero *amministrative,* cioè per la gestione del gruppo organizzato: soltanto in un secondo momento la scrittura fu usata anche per scopi non documentari, ma culturali: l'archivio nacque dunque prima della biblioteca [12].

L'idea di archivio come "contenitore di informazioni" è dunque un concetto acquisito fin dall'origine della tradizione storica della specie umana. Dagli archivi di cordicelle annodate, i *quipu* degli Incas, alle tacche su bastoni di legno ancor oggi usate da alcune popolazioni dedite alla pastorizia, dalle iscrizioni cuneiformi sulle tavolette di argilla a quelle runiche su stele di pietra, dall'"età degli archivi", che designa il massimo splendore della civiltà di Ugarit e di Ebla, la memorizzazione delle informazioni ha sempre costituito il cardine dell'organizzazione di ogni attività.

In epoca greca l'archivio aumenta ancora la sua importanza: l'ellenismo risplende, anche dopo la caduta del potere politico, dai resti della

(*) Questo articolo è una sintesi del capitolo introduttivo del volume "Tecniche di organizzazione delle informazioni" scritto dall'Autore ed edito da Mondadori Informatica (1989).

grande biblioteca di Efeso e dalla tradizione della biblioteca di Alessandria dove il documento ha ormai cambiato veste e viene vergato su carta di papiro. Al tempo di Roma, nell'epoca classica, gli archivi (*tabularia*) vengono assunti da Virgilio a simbolo della affannosa vita cittadina in contrapposizione agli ozi della campagna.

Durante il Medio Evo la conservazione del patrimonio storico della civiltà viene affidato alle abbazie, che diventano centri di raccolta e di conservazione di grandi quantità di documenti trascritti dagli amanuensi.

Nel periodo del massimo splendore della civiltà araba, le scuole coraniche (*madrase* o *mederse*) diffuse dalla Spagna al Marocco e all'Egitto, con i loro manoscritti costituiscono centri di irradiazione di cultura e di diffusione di nuovo sapere scientifico in matematica, chimica e astronomia.

È però l'invenzione della stampa a caratteri mobili che segna, nel quindicesimo secolo, una pietra miliare nell'evoluzione del documento e ci avvicina, senza mutamenti di rilievo, alla realtà odierna. L'importanza degli archivi cresce comunque nei secoli: all'epoca della Repubblica di Venezia, una delle più importanti cariche pubbliche dopo il Doge era quella del *Cancelier Magior,* incaricato di custodire nel Palazzo Ducale tutti i documenti della Serenissima.

Giunti al giorno d'oggi, i problemi di archiviazione non hanno certamente perso di importanza, anche a causa del vertiginoso tasso di incremento dell'informazione codificata contenuta nell'esperienza umana, dell'ordine di 100 miliardi di bit al secondo: a titolo di confronto, uno studioso inglese, Peter Morrison, ha calcolato che l'informazione corrispondente a tutti i testi della civiltà greca a noi pervenuti ammonta "soltanto" ad un miliardo di bit.

Per portare un esempio, gli archivi di Stato italiani sono oltre 150 e contengono 1.200 chilometri di documenti (la distanza tra Milano e Palermo), che aumentano al ritmo di circa 20 metri al giorno. I soli costi di affitto degli edifici necessari ad ospitare gli archivi di Stato ammontavano a oltre 15 miliardi di lire nel 1988. La *"Public Library"* di New York contiene 30 milioni di libri in 3 mila lingue e dialetti diversi, custoditi in 150 chilometri di scaffali: il costo di esercizio di questa istituzione, che costituisce un po' la "memoria collettiva" del genere umano, secondo la definizione del suo presidente Vartan Gregorian, è di 110 milioni di dollari all'anno.

La stretta correlazione tra la storia del "documento" e lo sviluppo della civiltà è però proiettata anche nel futuro: un esempio spettacolare è costituito dal cosiddetto "messaggio di Arecibo" [4], lanciato nello spazio per la prima volta nel novembre del 1974 dal grande radiotelescopio di Arecibo a Portorico. Il testo consiste di 1679 caratteri binari consecutivi, codificati in 73 gruppi di 23 caratteri, che corrispondono ad un rettangolo. Nel documento sono riportati i numeri da uno a dieci, i numeri atomici di idrogeno, carbonio, azoto, ossigeno e fosforo, nonchè una serie di "disegni" che rappresentano tra l'altro la figura stilizzata di una doppia elica di DNA, di un uomo e del radiotelescopio (Fig. 1). Le dimensioni dei disegni sono rapportate alla lunghezza d'onda di trasmissione, che costituisce un riferimento implicito ed assoluto per chiunque leggerà il messaggio che le onde elettromagnetiche continueranno a trasportare nello spazio anche dopo la scomparsa della specie umana sulla Terra.

2. Categorie d'informazione

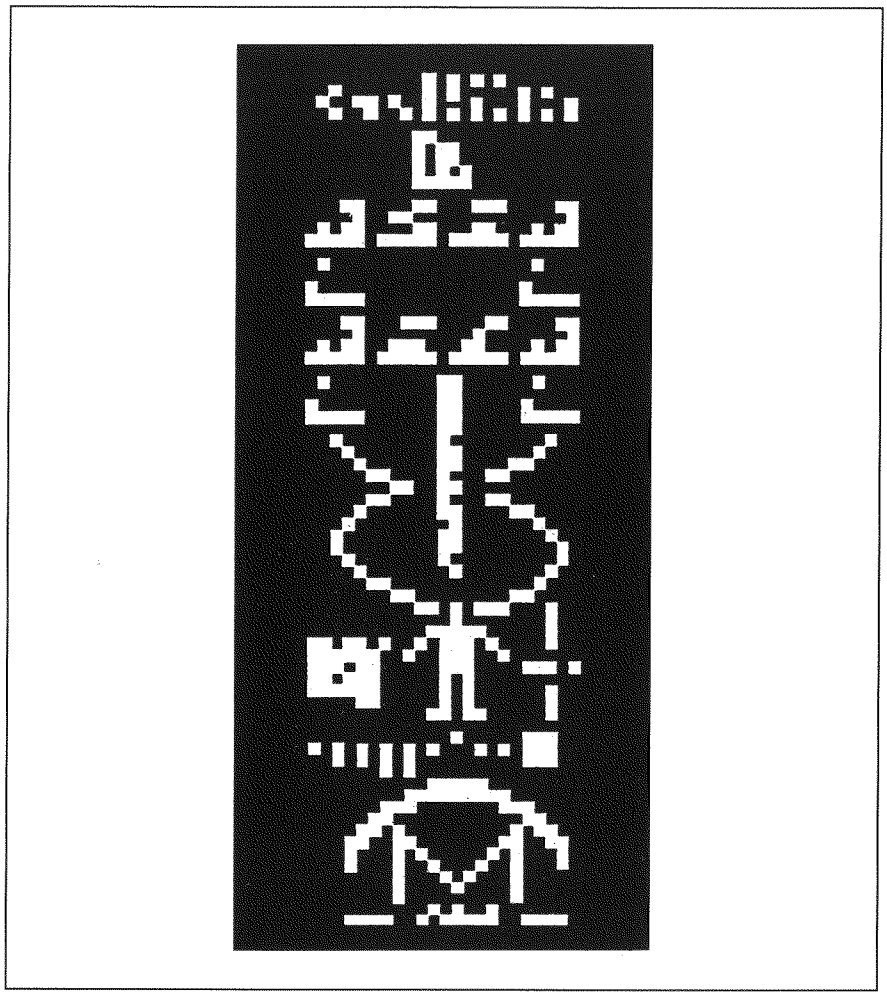
Vista l'enorme quantità delle informazioni disponibili, l'archivio, cioè il "contenitore" di informazioni risulta utile nella misura in cui esso è in qualche modo organizzato per consentire un agevole reperimento di quanto si sta ricercando. La disponibilità di una grande mole di informazioni ha infatti a sua volta un rovescio, e cioè la necessità di delegare a strumenti, appositamente costruiti per questo scopo, la sua elaborazione.

Si può affermare dunque che quando da un lato esiste un bisogno reale dell'utenza e dall'altro si rende disponibile una tecnologia in grado di soddisfare tale bisogno con rapporti costi/benefici ragionevoli, si assiste ad un immediato attecchimento della tecnologia stessa, che in breve tempo si afferma come indispensabile. Si può definire questa reazione *effetto elettrodomestico,* in analogia con il fatto che chi mette su casa non sta certo a fare valutazioni di costi e benefici su oggetti come il frigorifero o la lavatrice, ma li acquista e basta, verificando semmai il rapporto prezzo/prestazioni.

L'unica invenzione paragonabile per importanza a quella della scrittura e della stampa è l'elaborazione automatica dei dati. L'elaborazione dei dati puramente numerici - ragion d'essere delle macchine tabulatrici inventate da Hermann Hollerith per il censimento americano del 1890 - costituì il compito della meccanografia fino al periodo tra le due guerre, quando si fece strada la necessità di elaborare anche dati alfanumerici. Il computer restò però essenzialmente un calcolatore, impiegato per compiti prevalentemente di tipo aritmetico, fino alla fine degli anni '50, quando le prime elaborazioni gestionali integrate richiesero il trattamento di dati alfanumerici, per i quali le operazioni di memorizzazione, ricerca, selezione e trasmissione diventavano predominanti rispetto alle operazioni propriamente aritmetiche. I francesi riconobbero questo utilizzo del mezzo di calcolo dando ad esso il nome di *ordinateur.*

Negli uffici e nelle aziende l'automazione si è rivolta inizialmente alle procedure più rigidamente strutturate, quelle cioè che trattano dati numerici o codificati comunque in formato rigido, mediante algoritmi in cui il processo decisionale interviene in un numero ristretto di punti fissi. Verso la metà degli anni '70 ci si è resi conto che questo tipo di automazione era applicabile tutt'al più ad un terzo del lavoro di ufficio (recenti stime confermano questa valutazione, indicando una percentuale del 30%), mentre il resto era costituito da operazioni non strutturate, che trattano cioè informazioni in formato non rigido (testi, immagini,

Fig. 1 - Il messaggio di Arecibo.



voce), in forma flessibile, con forti requisiti di interattività e con punti di decisione frequenti e non determinabili a priori [7].

Nel corso degli anni '80 l'elaborazione dei testi ha riscosso un successo superiore ad ogni previsione in tutti i Paesi europei: la maggior parte dei documenti originati all'interno degli uffici vengono oggi prodotti direttamente con sistemi di elaborazione testi e quindi memorizzati sui dischi di un elaboratore in forma rivedibile, rielaborabile e ristampabile [6]. I documenti non costituiscono più dunque un archivio morto di pura consultazione, ma si mantengono vivi e pronti ad essere modificati in momenti successivi.

Nelle aziende di grandi dimensioni, inoltre, l'integrazione dell'elaborazione testi con il sistema informativo permette la correlazione dei documenti con le informazioni memorizzate nelle basi di dati, l'archiviazione centralizzata dei documenti più voluminosi o di meno frequente consultazione, nonchè la distribuzione degli stessi in tutti gli uffici, anche in sedi geograficamente lontane.

Questo modo di trattare l'informazione testuale ha rivoluzionato il rapporto con la scrittura di intere categorie di lavoratori, con importanti ripercussioni sulla professionalità e sulla produttività personale. Non sempre l'accettazione è stata indolore: verso la metà degli anni '80 si è parlato molto in Italia delle vertenze sollevate nell'ambiente dei quotidiani, dove i giornalisti si rifiutavano di utilizzare i terminali installati sulle scrivanie, senza una preventiva assicurazione sulla "neutralità" delle tecnologie informatiche in materia di controllo e garanzia della riservatezza. Rivendicazioni analoghe erano state sollevate già alla fine degli anni '70 in Francia, Germania e Gran Bretagna a proposito del corretto uso dei dati strutturati, portando la gran parte dei paesi europei a varare negli anni '80 stringenti normative di legge a difesa della riservatezza dei dati oggetto di trattamento informatico (*Commission Nationale Informatique et Libertées* in Francia, *Datenschutzgesetz* in Germania e in Austria, *Databasen* in Svezia, etc.).

L'impiego dell'elaboratore come strumento per la memorizzazione di grandi quantità di dati è quindi ormai largamente diffuso: lo sviluppo di questo fenomeno è dovuto ad una vasta area di utenza (aziende, istituti di credito, pubblica amministrazione, università, ospedali, etc.) che richiedono capacità di *memoria di massa* sempre più elevate e tempi di accesso alle informazioni sempre più brevi. Aumenta perciò di giorno in giorno il numero di utenti di sistemi informativi che richiedono di poter accedere alle centinaia di miliardi di caratteri: si può stimare che in Italia queste dimensioni siano raggiunte da oltre un migliaio di centri elaborazione dati, secondo i rapporti sullo stato di diffusione dell'informatica nel Paese pubblicati di anno in anno da istituti di ricerca pubblici e privati [3,5].

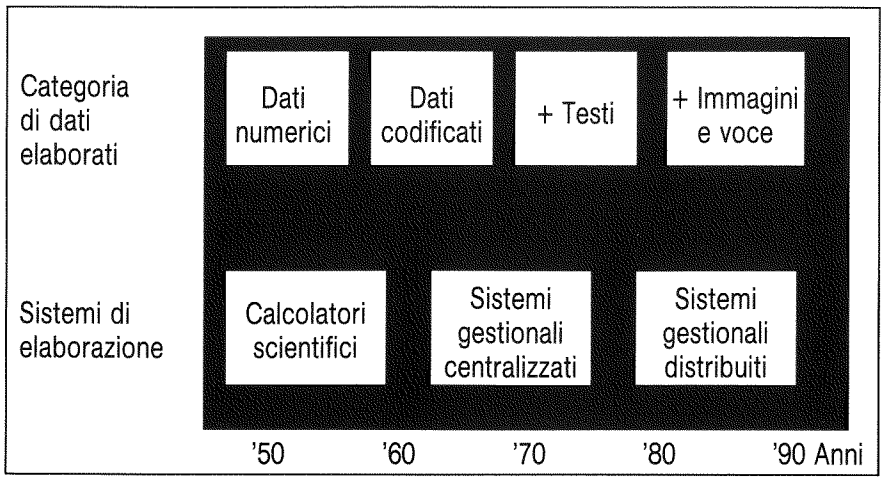


Fig. 2 - Correlazione tra lo sviluppo dei sistemi di elaborazione e le categorie di informazione elaborate.

Categorie di informazione	Occupazione tipica
Dati (una registrazione)	200 caratteri
Testi (una pagina in formato A4 dattiloscritta a spazio 2)	2.000 caratteri
Immagini (una pagina bianco/nero)	20.000 caratteri
Voce (5-10 secondi di parlato)	200.000 caratteri

Fig. 3 - Ordine di grandezza tipico per l'occupazione di spazio richiesta da diverse categorie di informazione.

Contestualmente è cresciuto in maniera rilevante il peso dell'informatica a livello mondiale [9]: la frontiera odierna consiste nell'integrare anche nuove forme di informazione all'interno dei grandi sistemi informativi aziendali [10]. La stretta correlazione tra lo sviluppo dei sistemi di elaborazione e le categorie di informazione elaborate è illustrata in fig. 2.

In fig. 3 sono riportate stime sulla quantità di caratteri necessaria per memorizzare un'informazione "standard" delle categorie presentate [8]. Poichè l'estensione del trattamento automatico ad una nuova categoria di informazione richiede in media l'incremento di un ordine di grandezza in spazio, è impensabile procedere su questa strada senza la disponibilità di memorie di massa di enorme capacità e di basso costo: in questo campo però il rapporto costi/prestazioni si sta evolvendo in maniera assai rapida.

3. Modello dei dati dei sistemi di archiviazione

L'utilizzo di memorie permanenti per la conservazione dei dati è reso necessario da due ragioni distinte:

- l'esigenza di riprendere in considerazione i dati in più occasioni (problema di *utilizzo*)
- la quantità dei dati, che è spesso superiore alle più grandi memorie centrali disponibili (problema di *volumi*).

Per portare una semplice analogia con l'elaborazione manuale dell'informazione, si può paragonare la memoria centrale di un elaboratore alla scrivania su cui si lavora (spazio limitato, accesso immediato), e la memoria di massa all'archivio racchiuso negli armadi (spazio molto esteso, accesso più lento, necessità di un criterio di organizzazione).

L'importanza della memorizzazione permanente delle informazioni è dovuta anche al loro costo di acquisizione, tanto nel caso di un esperimento scientifico (lancio di satelliti, collisioni di fasci di particelle elementari, ricerche petrolifere e geologiche), quanto in applicazioni gestionali (il solo costo di digitazione di un grande archivio anagrafico può raggiungere le centinaia di milioni di lire).

Un'importante differenza tra le applicazioni scientifiche e gestionali è data però dal fatto che le prime richiedono una gran mole di calcoli, anche complessi, con relativamente pochi dati, mentre le seconde necessitano di elaborazioni spesso molto semplici (a volte sono sufficienti le addizioni e le sottrazioni) su enormi volumi di dati. Per questa ragione, i programmi scientifici impegnano prevalentemente l'unità centrale, le cui prestazioni costituiscono il collo di bottiglia (programmi *CPU-bound*), mentre i programmi gestionali sono pesanti utilizzatori di operazioni di lettura/scrittura sulle memorie di massa (programmi *I/O bound*). Pertanto nel caso di elaboratori gestionali - al di là delle differenze tra i vari scenari applicativi - esiste un importante aspetto comune: in ogni contesto le prestazioni dipendono principalmente da come vengono organizzati i dati sulle memorie permanenti.

Gli studi sull'organizzazione delle informazioni in memoria di massa hanno avuto origine a partire dalla fine degli anni '50, con la disponibilità di memorie di massa ad accesso diretto: dopo le prime indagini sul problema, negli anni '60 comparvero studi più estesi che proponevano,

tra l'altro, algoritmi di ricerca basati su strutture ad albero.

Le strutture dei dati oggi maggiormente diffuse per l'implementazione di archivi a indici nei sistemi operativi commerciali sono state studiate negli anni '70. Nello stesso periodo, su questo filone si è innestata la vasta tematica delle basi di dati, campo di ricerca della massima importanza teorica ed applicativa che si propone di risolvere una parte dei problemi in maniera automatica, fornendo un'interfaccia di più alto livello agli utenti.

Per affrontare il problema dell'organizzazione di dati in archivi è opportuno definire brevemente i vari livelli di rappresentazione delle informazioni offerti da quella componente del sistema operativo dell'elaboratore che va sotto il nome di *sistema di archiviazione* o sistema per la gestione dei dati permanenti (*data management*).

L'accesso alla memoria di massa può avvenire a diversi livelli di astrazione, che offrono una particolare visione dei dati e degli operatori su di essi applicabili: esiste naturalmente una correlazione tra i vari livelli , giacchè ad esempio le operazioni espresse in un linguaggio di programmazione di alto livello devono evidentemente essere tradotte in termini accessibili alla macchina dal software di base, in modo da specificare correttamente alle unità periferiche le operazioni richieste.

All'estremo di maggior livello di astrazione si collocano i sistemi per la gestione di basi di dati, mentre all'estremo inferiore, più vicino alla macchina, si trova la visione dei dati dei linguaggi di accesso alle periferiche. Il *modello dei dati dei sistemi di archiviazione* [2, 15] si situa ad un livello di astrazione intermedio ed è relativamente semplice: consente di trattare insiemi di dati denominati *archivi* (*file* o *data set*) in maniera indipendente dai dati stessi.

Gli archivi sono dunque collezioni omogenee e permanenti di dati strutturati, memorizzati su un supporto di memoria di massa e accessibili al sistema operativo tramite una registrazione in un opportuno indice (*catalogo*), che ne permette la localizzazione fisica.

Gli usuali linguaggi di programmazione permettono di operare su un archivio in memoria secondaria in termini di *registrazioni logiche*, cioè di dati strutturati in *campi* (o *attributi*), sui quali si può agire mediante operatori opportuni. Dal punto di vista fisico, le registrazioni possono essere a lunghezza *fissa*, cioè tutte di lunghezza uguale, oppure a lunghezza *variabile*, nel qual caso dovranno essere precedute da un campo che ne specifica la lunghezza. Nel seguito ci si riferirà dovunque di norma a registrazioni a lunghezza fissa.

Gli *archivi sequenziali* sono insiemi di registrazioni accessibili l'una dopo l'altra, nei quali cioè un valore può essere reperito solo dopo aver visitato tutti quelli che lo precedono, con operatori di

LETTURA (Archivio)

SCRITTURA (Archivio, Registrazione).

Nel caso generale non sono dunque possibili riscritture di registrazioni, nè cancellazioni. Alcuni sistemi operativi permettono però di riscrivere registrazioni a lunghezza fissa su un archivio sequenziale, purchè il supporto di memorizzazione lo consenta (supporti ad accesso diretto).

Gli *archivi diretti o relativi* sono insiemi di registrazioni reperibili in base al numero d'ordine ovvero alla posizione relativa, con operatori del tipo

LETTURA (Archivio, Posizione-Registrazione)

SCRITTURA (Archivio, PosizioneRegistrazione, Registrazione)

A differenza degli archivi sequenziali, gli archivi relativi non ammettono registrazioni a lunghezza variabile. Spesso gli archivi diretti devono essere inizialmente preformattati, da un programma o da un comando di sistema: in questo caso l'operazione di scrittura è sostituita da una riscrittura, che è consentita soltanto dopo la lettura della registrazione corrispondente.

Gli *archivi a indici* sono insiemi di registrazioni reperibili in base al valore di un attributo *chiave*, con operatori del tipo

LETTURA (Archivio, Chiave)

SCRITTURA (Archivio, Registrazione).

Anche negli archivi a indici il reperimento di una registrazione è fatto a partire dalla sua posizione relativa nell'archivio: di ciò però si preoccupa il sistema di archiviazione, che si incarica di ricercare la posizione relativa corrispondente ad un valore di chiave specificato facendo uso di algoritmi o strutture ausiliarie.

Prima di operare su un archivio, bisogna stabilire con un opportuno comando (*apertura dell'archivio*) un legame tra il nome usato nel programma ed il nome esterno dell'archivio, noto al sistema operativo e memorizzato nel *catalogo* della memoria di massa. Il legame è valido fino alla fine dell'esecuzione del programma, oppure fino a quando non venga annullato esplicitamente con un altro comando (*chiusura dell'archivio*). L'apertura di un archivio può essere fatta in modi diversi a seconda del tipo di accesso da eseguire:

- in sola lettura
- in sola scrittura, dall'inizio dell'archivio (i dati eventualmente presenti vengono perduti)
- in sola scrittura, dalla fine dell'archivio (in aggiunta ai dati eventualmente presenti)
- in lettura e scrittura.

4. Organizzazione dei dati in archivi

Organizzare dati in archivi consiste nel trovare un'opportuna struttura che soddisfi determinati requisiti di prestazioni, tenendo conto delle caratteristiche della registrazione sulle memorie di massa. A differenza delle organizzazioni in memoria centrale, infatti, per le registrazioni in memoria di massa si deve tener conto che ogni operazione di lettura/scrittura avviene per un *blocco* di registrazioni (*pagina*). Questo fatto dà origine, nella maggior parte dei casi, ad *archivi impaginati* nei quali le prestazioni si possono discostare sensibilmente da quelle previste in assenza di impaginazione.

L'*impaginazione* delle registrazioni

può migliorare decisamente le prestazioni delle operazioni sui dati: supponendo infatti di dover operare su un insieme di 10.000 elementi, ognuno rappresentato da una registrazione in archivio, per visitare tutte le registrazioni occorreranno 10.000 accessi. Se si raggruppano 10 elementi per registrazione, il numero degli accessi si riduce a 1.000. Naturalmente un fattore di impaginazione più alto migliorerebbe ancor più le prestazioni, ma altre considerazioni limitano la scelta:

- innanzitutto, gli archivi impaginati richiedono più memoria centrale per essere elaborati;
- inoltre, le prestazioni in termini di accesso alla memoria secondaria migliorano effettivamente fino a quando la dimensione della registrazione dell'archivio non supera la dimensione massima dell'unità di trasferimento dalla memoria secondaria: al di là di questo limite un accesso all'archivio comporta più accessi alla memoria secondaria.

Le organizzazioni studiate nella letteratura sono le seguenti:

- *organizzazione sequenziale*
- *organizzazione diretta*
- *organizzazione per chiave primaria*
- *organizzazione per chiavi secondarie.*

Per ciascuna di esse è necessario definire come si realizzano le operazioni specificate in fig. 4. I costi delle operazioni vengono stimati prendendo in considerazione soltanto gli accessi agli archivi, ma trascurando il costo dell'elaborazione in memoria centrale, che si supporrà sempre trascurabile. Negli elaboratori odierni i tempi tipici delle operazioni in memoria centrale sono infatti circa 100.000 volte inferiori ai tempi caratteristici di accesso alla memoria di massa. Un medio elaboratore gestionale, della potenza di unità centrale di 10 Mips (milioni di istruzioni al secondo) esegue infatti una tipica operazione in memoria centrale in 10^{-7} secondi, mentre il tempo di accesso tipico ai dischi magnetici ad esso collegati è di 10 millisecondi.

Per semplicità, i costi di accesso sono di solito valutati in base al numero degli accessi logici. Per effettuare una stima esatta, però, bisogna ricordare che un accesso logico comporta un accesso fisico soltanto nel caso in cui la dimensione della registrazione coincida con l'unità di trasferimento della memoria secondaria. Quando la registrazione è più piccola, il primo accesso comporta un accesso fisico con il trasferimento di un gruppo in un'area di memoria centrale (*memoria tampone* o *buffer*), ma i successivi accessi alle altre registrazioni dello stesso blocco di dati non richiedono ulteriori accessi fisici.

Pertanto, per una stima dettagliata del costo delle operazioni in termini di tempi di esecuzione, occorrerebbe prendere in considerazione fattori che dipendono in maniera molto stretta dal singolo elaboratore, quali la tecnica di gestione dell'area tampone e la dimensione dell'unità di trasferimento delle periferiche.

5. Criteri per la scelta

Per progettare un'applicazione informatica che faccia uso di archivi è necessario conoscere innanzitutto [2, 11].

- le caratteristiche logiche ed i volumi dei dati in gioco (ad es. il tipo di registrazioni, il numero delle registrazioni, lo spazio richiesto per la memorizzazione degli attributi);
- le caratteristiche del sistema di archiviazione utilizzato;
- il tipo di operazioni previste sui dati.

Nella progettazione esistono di solito diversi parametri in conflitto tra loro, per cui è inevitabile che il progettista sacrifichi un aspetto ad un altro che è giudicato maggiormente rilevante per una certa applicazione.

Non è possibile, in linea generale, affermare dunque di aver strutturato un archivio nella maniera migliore possibile, poichè diversi fattori entrano in gioco ed alcuni dipendono dall'esperienza e dalle convinzioni personali del progettista.

I due requisiti che si presentano più frequentemente in conflitto e tra i quali bisogna ricercare un compromesso sono lo *spazio* e il *tempo*: in linea generale, i tempi di accesso migliorano in funzione dello spazio in più che il progettista decide di allocare per strutture ausiliarie in grado di facilitare l'accesso alle registrazioni.

Un altro conflitto tipico dei problemi di organizzazione dei dati è quello tra l'utilizzo della memoria centrale e secondaria: un fattore di blocco elevato (cioè la possibilità di trasferire molte registrazioni logiche con un solo accesso fisico) risulta vantaggioso in termini di accessi alla memoria di massa, ma è dannoso per quanto riguarda l'occupazione di memoria centrale.

Le scelte di tecniche e di strumenti da utilizzare nella fase preliminare del lavoro sono inoltre limitate da vincoli di

- *realizzabilità*
- *manutenibilità*

Le applicazioni sviluppate devono essere considerate nell'arco del loro ciclo di vita, durante il quale è probabile che mutamenti indotti dalla correzione di errori rilevati, dal cambiamento di normative di legge o da accresciute esigenze informative dell'utenza introducano cambiamenti anche nelle strutture di dati predisposte allo scopo. La manutenzione delle procedure informatiche è comunemente distinta in *correttiva, adattativa* ed *evolutiva* a seconda del fattore che origina le modifiche, secondo lo schema riportato in fig. 5.

Indipendentemente dalle ragioni che causano gli interventi di manutenzione dei programmi, il risultato è comunque lo stesso per quanto riguarda le modifiche che coinvolgono il contenuto degli archivi, dal momento che la loro struttura è *interna* alla logica dei programmi. È indubbiamente uno dei maggiori meriti dell'ambiente di gestione delle basi di dati l'isolamento dello *schema* dei dati della logica delle applicazioni.

Vista l'importanza vitale ormai assunta dai sistemi informativi nell'insieme delle attività di un'azienda, l'*affidabilità* dei programmi e delle strutture dati impiegate rappresenta

Fig. 4 - Tipi di operazioni sugli archivi.

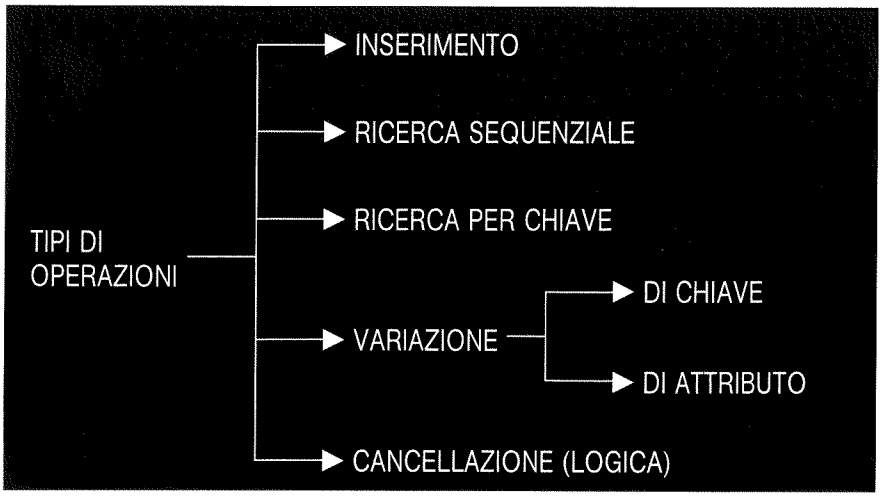
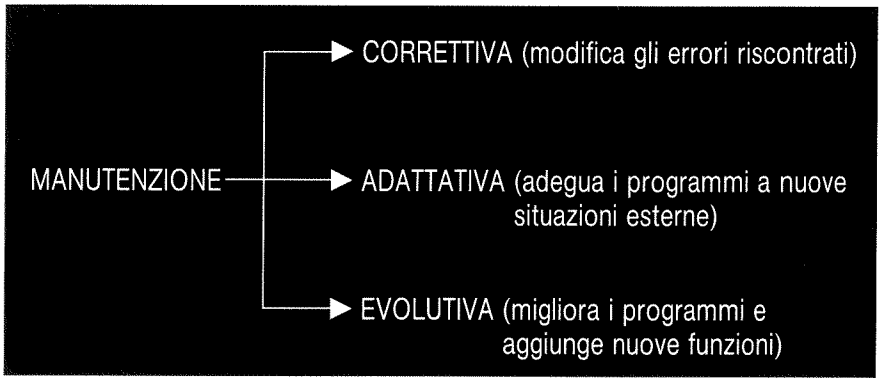


Fig. 5 - I diversi tipi di manutenzione dei programmi.



un requisito dal quale non si può assolutamente prescindere. Un altro fattore che va tenuto in debita considerazione durante la progettazione di un'applicazione destinata ad essere gestita da personale non esperto in informatica è che gli archivi disegnati devono essere di facile utilizzo per l'utente finale, che spesso non è in grado di effettuare operazioni complesse di ripristino in caso di emergenza.

Per loro natura gli archivi sono entità dinamiche e quindi soggette tanto ad ulteriori ampliamenti, quanto a cancellazioni di registrazioni: la variabilità delle registrazioni prende il nome di *volatilità* di un archivio. Per questa ragione è consigliabile riservare a tale scopo una certa percentuale di spazio libero (dell'ordine del 10%) all'interno delle singole registrazioni. Si possono verificare infatti due diverse situazioni:

- una crescita *verticale* degli archivi, dovuta alla necessità di aggiungere nuove registrazioni (fig. 6);
- una crescita *orizzontale* degli archivi, e quindi un ampliamento del tracciato della registrazione, dovuto all'inserimento di nuove informazioni, riguardanti elementi già esistenti (fig. 6b).

Mentre la prima crescita è fisiologica e quindi prevista, se si mantiene entro limiti accettabili, la seconda risulta spesso traumatica in termini di quantità di lavoro e di tempi di realizzazione, se non si è prevista una riserva di spazio aggiuntivo in coda alla registrazione. Bisogna infatti ricopiare l'archivio di partenza su un altro archivio dal tracciato più ampio (operazione di *ricondizionamento* dell'archivio) e successivamente *modificare* e *ricompilare* tutti i programmi che contengono riferimenti all'archivio in questione, anche se nessuno di essi utilizza effettivamente le nuove informazioni aggiunte alla fine della registrazione.

Il parametro più importante in base al quale effettuare la scelta di un'organizzazione di archivi è il *tipo di elaborazione* previsto sui dati, cioè il modo in cui vanno eseguite le operazioni sugli archivi. Se si opera interattivamente, quando arrivano le richieste bisognerà garantire risposte nell'intervallo di qualche secondo; se si opera invece fuori linea (in modo *batch*) le richieste vanno raccolte e soddisfatte successivamente in base ad una predeterminata periodicità. Soluzioni interattive (dette spesso in *teleprocessing* o TP) escludono di necessità semplici soluzioni basate su memorie ad accesso sequenziale e richiedono organizzazioni più complesse, basate su memorie ad accesso diretto.

La bontà di un'applicazione è giudicata spesso in base al *tempo di risposta*, che rappresenta l'intervallo che intercorre tra l'invio e la ricezione di una transazione interattiva. La comune percezione da parte di chi lavora davanti a un terminale permette di distinguere a grandi linee le risposte *immediate*, quando il tempo di risposta è inferiore o dell'ordine di un secondo, le risposte *ottimali*, con tempi di risposta dell'ordine di un paio di secondi, e

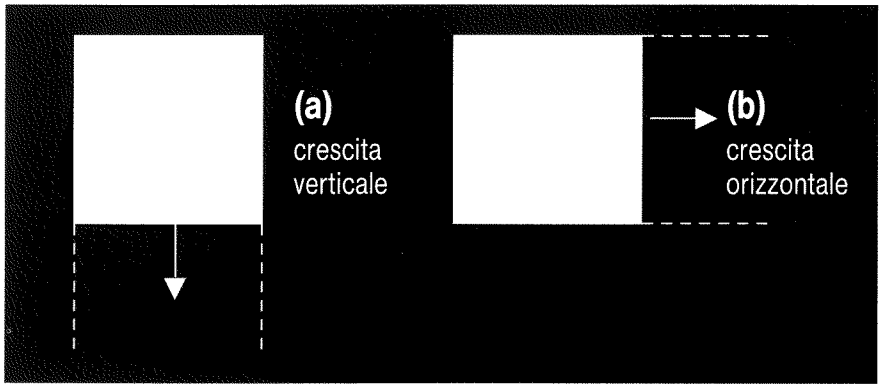


Fig. 6 - Direzioni di crescita di un archivio.

le risposte *lente*, con tempi di risposta superiori a 3-4 secondi. Tutte le applicazioni progettate dovrebbero prevedere tempi di risposta nella regione "ottimale", per carichi normali di transazioni sul sistema. Recenti studi giapponesi affermano però che - per la specificità del lavoro e per il grado di concentrazione richiesto - nello sviluppo del software sono da preferirsi tempi di risposta immediati, non superiori ad un secondo.

Se il tipo di elaborazione non è un parametro critico, diventa decisivo il *costo* della soluzione (costo dell'unità di memoria, tempo di elaborazione per svolgere le operazioni previste dall'applicazione e le operazioni ausiliarie di servizio, costo di realizzazione e di manutenzione dei programmi, costo dello spazio di memoria per i dati e le eventuali strutture ausiliarie).

Il compito del progettista consiste dunque nel trovare il giusto compromesso tra diverse necessità antitetiche, giacchè i fattori da tener presente nel progetto di un'organizzazione di archivi sono numerosi.

Tra questi non va trascurata la *dimensione* dell'archivio, che dev'essere considerata come una caratteristica importante da conoscere prima di effettuare la scelta di un'organizzazione adeguata. In generale, si può dire che al diminuire del numero delle registrazioni da trattare, diminuisce l'esigenza di organizzazioni sofisticate. Va sottolineato a questo proposito che l'informatica, a differenza della matematica, è una materia nella quale le soluzioni di un problema dipendono *anche* dalle dimensioni del problema stesso: in quanto tali sono un dato del problema e devono costituire tutt'uno con esso. Se inoltre la vita di un archivio è breve, è meno sentita l'importanza di particolari scelte organizzative.

Poichè si lavora in memoria di massa, chi si occupa di archivi deve conoscere i tipi di risorse hardware a disposizione: sui nastri, ad esempio, sono possibili soltanto organizzazioni sequenziali, mentre su una certa categoria di dischi ottici non sono ammesse riscritture o cancellazioni. Bisogna poi tener presente che alcune organizzazioni di dati occupano più spazio di altre: è il caso degli archivi a indici, dove parte dello spazio è riservato alle strutture ausiliarie per il reperimento.

Anche il software, infine, gioca un ruolo importante nella corretta progettazione di un archivio. Il costo dello sviluppo del software, che si identifica in gran parte nei costi del personale addetto all'analisi, alla programmazione ed alla conduzione dei progetti, è assai rilevante e raggiunge il 50% delle spese di un grande centro elaborazione dati: è spesso utile, per questa ragione, optare per l'utilizzo di programmi già pronti che si rivolgono alla gestione generalizzata di archivi. A seconda della complessità del software di questo tipo disponibile, si va da routine di *software intermedio,* cioè di uso generalizzato all'interno di un centro elaborazione dati, a pacchetti completi di gestione archivi o infine ai sistemi per la gestione di basi di dati.

Nel costo di esercizio di un programma devono essere tenute presenti diverse voci: la *progettazione,* la *realizzazione,* la *gestione,* la *manutenzione.*

Le fasi attraverso le quali passa lo sviluppo di un qualunque prodotto software si concretizzano in una struttura tradizionalmente detta *ciclo di vita* del software [14].

All'interno di queste fasi, è probabile che il progettista cerchi di minimizzare il costo delle prime due quando egli stesso sarà l'utente dell'applicazione: ciò influisce in maniera preponderante nella scelta dell'organizzazione di archivi utilizzata (scelta in base alle dimensioni *attuali* dell'archivio, mancanza di programmi di controllo e ripristino, etc.). Quando invece l'applicazione debba essere rilasciata ad un'utenza di estrazione non informatica, bisognerà prestare maggiore attenzione ai costi di gestione e di manutenzione, privilegiando eventualmente diverse organizzazioni di dati.

6. Conclusioni

La complessità dei sistemi informativi degli anni '90 fa sì che non è sempre facile determinare *a priori* se il sistema informatico e la sua controparte organizzativa siano correttamente rinsaldati in profondità nel contesto aziendale: è molto più facile diagnosticare *a posteriori* l'esistenza di qualche scollatura dal fatto che il sistema complessivo non fornisce i risultati sperati.

L'evoluzione tecnologica da un lato, quella delle esigenze aziendali dall'altro, portano a una crescita rapida e turbolenta delle interconnessioni e del dominio di applicabilità delle soluzioni informatiche nei processi di trattamento. Sempre maggiore è dunque il pericolo che valide realizzazioni a livello di siste-

ma informatico siano vanificate dalla mancanza di interventi di adeguamento dell'organizzazione sottostante: alle procedure, anche cartacee e manuali, va prestata oggi un'attenzione costante, perchè è in questi "anelli deboli" del ciclo di trattamento che rischia di essere compromessa l'efficacia, prima ancora che l'efficienza, dell'intero processo.

Le aziende vivono oggi un momento di passaggio dall'approccio *"problem solving"* a quello *"problem finding"*, che maggiormente le avvicina al metodo di procedere scientifico; come conseguenza, si rovescia completamente il rapporto con la tecnologia: se un tempo ci si concentrava sull'identificazione di un problema aziendale, ricercando successivamente la tecnologia adatta a risolverlo, oggi al contrario si studiano e sperimentano tecnologie, individuando in un secondo momento in quale ambito le tecnologie stesse potranno portare un utile contributo.

Questo nuovo approccio richiede, evidentemente, una maggiore maturità da parte degli specialisti di informatica, che devono possedere una conoscenza non superficiale dei processi dell'azienda per poter proporre valide soluzioni tecnologiche intervenendo in maniera propositiva a modificare le procedure dell'utenza e sostituendo la loro capacità di comprensione e di innovazione all'esperienza accumulata in decenni di lavoro di routine.

Da una più approfondita conoscenza di entrambe le problematiche deriverà comunque un migliore utilizzo delle tecnologie in azienda: in questo senso le tecniche di organizzazione delle informazioni esposte in questo libro costituiscono uno di quei "ponti" tra la cultura accademica e quella aziendale di cui spesso sente bisogno chi lavora ogni giorno a stretto contatto con gli strumenti informatici.

Bibliografia

[1] ABIUSO G., FELICIAN L., *"Società dell'informazione, documento e assicurazione"*, Atti del Convegno Forma e assicurazione, Associazione Internazionale di Diritto Assicurativo, Milano, 1988.

[2] ALBANO A.: *Organizzazione e gestione di archivi integrati di dati"*, Università di Pisa, 1987.

[3] *"Rapporto Assiform 1989 sulla situazione dell'informatica in Italia"*, Assiform, 1989.

[4] CAVALIERE A.: *"La comunicazione extraterrestre"* in AA.vv.: "La riscoperta del cielo", Mondadori, Edizioni Scientifiche e Tecniche, Milano, 1976.

[5] CENSIS: *"Informatica Italia 1986: mercato del lavoro: dalla parte della domanda"*, Franco Angeli, Milano, 1987.

[6] FELICIAN L.: *"Valutazioni hardware e software per archivi di immagini di grandi dimensioni"*, Rivista di Informatica, Associazione Italiana di Calcolo Automatico, XVII(4), 1986.

[7] FELICIAN L., TIZIANEL T.: *"Dai dati ai documenti multimedia"*, Quaderni di informatica, 31, XIII(3), 1987.

[8] FELICIAN L., SCARAMUZZA R.: *"A multimedia database prototype in personal computer environment"*, Proceedings 1st European Conference on Information Technology for Organisational Systems (EURINFO), Athens, 1988, Elsevier Science Publ., Brussel-Luxembourg, 1988.

[9] FILIPPAZZI F., OCCHINI G.: *"Le frontiere dell'informatica, vol. I, Tecnologie e sistemi"*, Edizioni del Sole 24 Ore, Milano, 1986.

[10] FILIPPAZZI F., OCCHINI G.: *"Le frontiere dell'informatica, vol. II, Scenari Applicativi"*, Edizioni del Sole 24 Ore, Milano, 1987.

[11] HANSON O.: *"Data file: teoria e progettazione"*, Gruppo Editoriale Jackson, Milano, 1986.

[12] LODOLINI E.: "L'origine degli archivi", Archeo, 18, 1986.

[13] SAPORETTI C.: *"Analisi elettronica del cuneiforme: le prospettive di una ricerca"*, Note di informatica, 19, 1988.

[14] SCOTTI F.: *"Metodologie di programmazione strutturata"*, Etas Libri, Milano, 1985.

[15] SMITH H.F.: *"Data structures: form and function"*, Harcourt Brace Jovanovich Publishers, Academic Press, New York, 1987.

L'analisi delle strutture fisiche col metodo degli elementi finiti

IVANO TANTURLI

SICAD
Società Italiana Computer Aided Design
Milano

1. Introduzione

I metodi di analisi strutturale che si avvalgono del calcolo matriciale sono universalmente accettati nella progettazione e sono impiegati su qualsiasi tipo di computer (dal personal al supercomputer).

Questi metodi forniscono dei mezzi di calcolo rapidi e accurati per l'analisi di strutture sia semplici che complesse, in condizioni di carico sia statico che dinamico.

I metodi matriciali sono basati sull'ipotesi di sostituire la struttura vera continua con un modello equivalente formato da elementi strutturali discreti con proprietà elastiche ed inerziali conosciute, esprimibili in forma matriciale.

Le matrici che rappresentano queste proprietà sono considerate al pari di mattoni (blocchi), i quali, quando uniti insieme, in accordo con le regole della teoria dell'elasticità, forniscono le proprietà statiche e dinamiche della struttura considerata (fig. 1).

Inizialmente questi metodi sono stati impiegati solo in applicazioni aerospaziali e nucleari; successivamente, essendosi la teoria evoluta ma nello stesso tempo consolidata e semplificata, l'uso dei succitati metodi è entrato comunemente anche nella progettazione navale, civile, automobilistica e meccanica in genere.

2. Cenni storici

Il metodo ha origini recenti (1955, Argyris - Kelsey) e le prime formulazioni matematiche si riferivano a problemi connessi all'industria aeronautica, risolti ricorrendo ad approssimazioni del continuo con sistemi di aste deformabili elasticamente.

Il problema era completamente determinato quando, applicati i carichi ai nodi, si ricavavano gli spostamenti relativi.

Il passo successivo che introdusse l'uso di funzioni continue che approssimano le variabili incognite su sottodomini, furono prospettate da Comant studiando le distribuzioni delle tensioni in elementi soggetti a torsione.

Ma le prime trattazioni sistematiche del metodo risalgono al 1960, quando comparve per la prima volta il termine *"elemento finito"*.

Da quel momento si ebbe uno sviluppo molto rapido, ed il metodo si estese e si affinò, divenendo una tecnica generale per la soluzione di *sistemi di equazioni differenziali parziali, con condizioni al contorno ed iniziali note.*

Negli anni immediatamente successivi si uscì dalla fase puramente di studio e sperimentale per entrare in quella commerciale con la divulgazione di programmi "general purpose" tipo NASTRAN, MARC, ABAQUS, ANSYS.

Questi programmi inizialmente furono implementati solo su computer di grandi prestazioni ed utilizzati solo da specialisti.

Negli anni che seguirono, con l'avvento dei minicomputer, delle workstation e dei personal, anche i programmi per il calcolo col metodo degli elementi finiti (FEM) subirono la medesima evoluzione.

Sono di quest'ultimi anni, tanto per citarne alcuni, i programmi SAP, NISA, PAL e COSMOS/M.

Val la pena di mettere in evidenza le potenzialità straordinarie di COSMOS/M, il quale, anche nella versione per PC/XT, è in grado di trattare qualsiasi tipo di materiale sia esso isotropo, composito o iperelastico e di risolvere qualsiasi problema statico, dinamico, termico sia in campo lineare che non lineare.

Nella tabella di fig. 2 si riportano le possibilità di analisi di alcuni dei programmi citati. Il confronto è puramente indicativo perchè basato semplicemente su un elenco di capacità, senza tener conto minimamente del fatto che i prodotti sono concettualmente diversi fra loro e si rivolgono ad utenti ed a strutture organizzative con problematiche e possibilità tecniche ed economiche molto eterogenee.

3. Richiami sui fondamenti della teoria dell'elasticità

Prima di approfondire l'argomento vale la pena di ricordare (senza entrare nella trattazione matematica) i principi e le ipotesi su cui si basa il metodo.

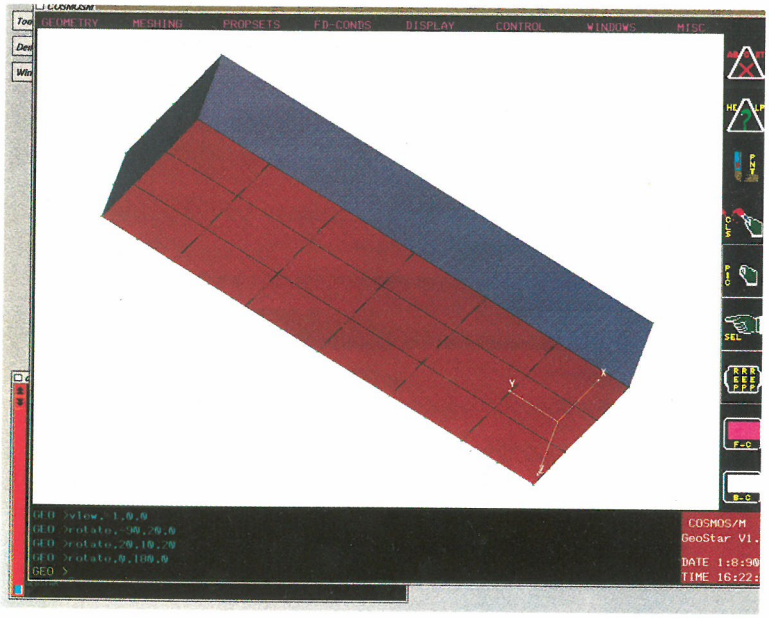


Fig. 1 - Tipica struttura a elementi solidi.

	NASTRAN	ANSYS	NISA	COSMOS/M	SAP80	MSC-PAL2
STATICA LINEARE	X	X	X	X	X	X
DINAMICA LINEARE	X	X	X	X	X	X
STATICA NON LIN.	X	X	X	X	X	
DINAMICA NON LIN.	X	X	X	X		
TRASM. CALORE	X	X	X	X		X
FLUIDODINAMICA	X	X	X	X		
PROBL. DI CAMPI	X	X	X	X		X
ANALISI MODALE	X	X	X	X	X	X
RISPOSTA DINAM.	X	X	X	X	X	X
RISPOSTA SPETT.	X	X	X	X	X	X
ANALISI STABILITÀ	X	X	X	X		
ISOTROPIA	X	X	X	X	X	X
ANISOTROPIA	X	X	X	X		
TERMODIPENDENZA	X	X	X	X		
CARICHI TERMICI	X	X	X	X		
SOTTOSTRUTTURE	X	X	X	X		
CRITERI ROTTURA	X	X	X	X		X
RESTART	X	X	X	X	X	X
COMPOSITI	X	X	X	X		
OTTIMIZZAZIONE	X	X	X	X		

Fig. 2 - Prestazioni dei programmi FEM più diffusi.

PROBLEMI FISICI	PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE	VARIABILI DI STATO	FLUSSI	COSTANTI MATERIALI	SORGENTI	EQUAZIONI FISICHE
Deformazione di un corpo elastico	Equilibrio delle forze	Spostamenti o forze	Tensioni o deformazioni	Modulo di elasticità di Young, costante di Poisson	Forze di corpo o di superficie	Legge di Hooke
Torsione	Conservazione dell'energia	Funzione di tensione o funzione di curvatura	Variazione di torsione	Modulo di taglio G		Legge di Hooke
Reti elettriche	Equilibrio delle correnti	Voltaggio o Amperaggio	Flusso elettrico	Conduttività elettrica	Carica elettrica esterna	Legge di Kirchhoff
Trasferimento del calore	Conservazione dell'energia	Temperatura	Flusso di calore	Conduttività termica	Calore interno o esterno	Legge di Fourier
Scorrimento di un fluido	Conservazione del momento	Velocità	Tensione di taglio	Viscosità	Forze di corpo	Legge di Stokes
Flusso attraverso un corpo poroso	Conservazione della massa	Velocità	Rapporto di flusso	Permeabilità	Sorgente fluida	Legge di Darcy
Elettrostatica	Conservazione del flusso elettrico	Potenziale elettrico	Flusso elettrico	Costante dielettrica	Carica	Legge di Coulomb
Magnetostatica	Conservazione del potenziale magnetico	Potenziale magnetico	Flusso magnetico	Permeabilità magnetica	Corrente	Legge di Maxwell

Fig. 3 - Classificazione dei problemi fisici risolvibili col metodo degli elementi finiti.

Il comportamento statico o dinamico di una struttura, è legato alla conoscenza dell'intero campo di tensioni e degli spostamenti.

Generalmente, le equazioni necessarie di equilibrio e di congruenza sono formulate in forma differenziale.

La teoria si basa sulle seguenti ipotesi:

a) gli spostamenti devono essere piccoli e questo comporta relazioni lineari tra spostamenti e deformazioni, consentendo di formulare le equazioni di equilibrio riferendole alla configurazione indeformata;

b) il comportamento del materiale è lineare e ciò comporta relazioni lineari tra sforzi e deformazioni.

Da queste premesse, per una struttura tridimensionale generica dobbiamo scrivere:

- sei equazioni che legano gli spostamenti con le deformazioni
- sei equazioni tra tensioni e deformazioni
- tre equazioni di equilibrio o di moto.

In totale si hanno quindici equazioni nelle quindici incognite costituite dagli spostamenti x,y,z dei nodi, dalle sei tensioni e dalle sei deformazioni.

Il problema nel piano si riduce ad otto incognite con due spostamenti, tre tensioni e tre deformazioni.

4. Classificazione dei problemi

Fatte queste premesse, possiamo cercare di individuare quali problemi possono essere affrontati e risolti con il metodo degli elementi finiti.

Nel seguito, si riportano le classificazioni fatte nello svolgimento di corsi introduttivi alla materia (Rif. [1]) o trattate dalla letteratura specializzata (Rif. [2]).

Nel corso sugli elementi finiti tenutosi al Politecnico di Milano nel 1986, si distinsero i problemi suddividendoli secondo le tre seguenti classi:

a) *Problemi di equilibrio quasi-statico o di risposta stazionaria*
   - sforzi e deformazioni nelle strutture e nei solidi
   - temperature e flussi di calore in solidi e in fluidi (nel campo impiantistico e nucleare)
   - filtrazione in mezzi porosi
   - moto dei fluidi perfetti e viscosi
   - voltaggio ed intensità di corrente elettrica su superfici da proteggere contro la corrosione.

b) *Problemi di autovalori e autosoluzioni*
   - carichi critici Euleriani di strutture snelle
   - frequenze e modi propri di vibrare di costruzioni, di parti d'impianti e sistemi suolo-struttura
   - velocità critiche di alberi rotanti
   - periodi e modi propri di oscillare di masse liquide (laghi, porti, serbatoi,...)

c) *Problemi di propagazione, diffusione, risposta transitoria*
   - evoluzione dinamica di strutture o sistemi suolo-struttura o fluido-struttura per azioni esterne non periodiche, sismiche, impulsive
   - fenomeni transitori nella conduzione di calore o elettricità
   - propagazione di onde di tensione in solidi di superficie in liquidi

Si può anche fare una classificazione dei problemi suddividendoli in:
   - problemi lineari
   - problemi non-lineari
   - per condizioni al contorno (tipo vincolo monolatero)
   - per proprietà dei materiali (plasticità, viscoplasticità)
   - per effetti geometrici (grandi deformazioni)

Infine, una terza classificazione può essere fatta in funzione delle variabili fisiche (vedi fig. 3) (estratta da [2]).

Nella Fig. 3 sono classificati i diversi problemi fisici, le variabili fisiche in gioco, i principi fisici ai quali si rifanno i fenomeni, le caratteristiche dei materiali da utilizzare e le leggi fisiche alle quali fanno capo, tutti risolubili mediante metodi agli elementi finiti.

Dalle classificazioni fatte si può capire quali e quanti problemi possono essere risolti con il metodo degli elementi finiti.

È a questo punto che, sorta l'esigenza dell'utilizzo di programmi che si avvalgono di questi metodi, nascono i problemi di impostazione, modellazione, convergenza, presentazione dei risultati e, in tutti i casi, di facilità d'uso del programma.

Nella fase di impostazione è molto importante avvalersi di un programma FEM con un'ampia libreria di elementi.

Sarà grazie a questi che il problema potrà essere affrontato positivamente, ottenendo ottimi risultati.

Si possono dividere gli elementi di una libreria in due categorie:

a) elementi strutturali

b) elementi non strutturali

a) Elementi strutturali

L'evoluzione di questi elementi, il loro nome, il loro comportamento e le loro prestazioni variano da programma a programma e persino da release a release.

Con il termine elementi strutturali si intendono le proprietà di un oggetto fisico compreso tra un certo numero di nodi.

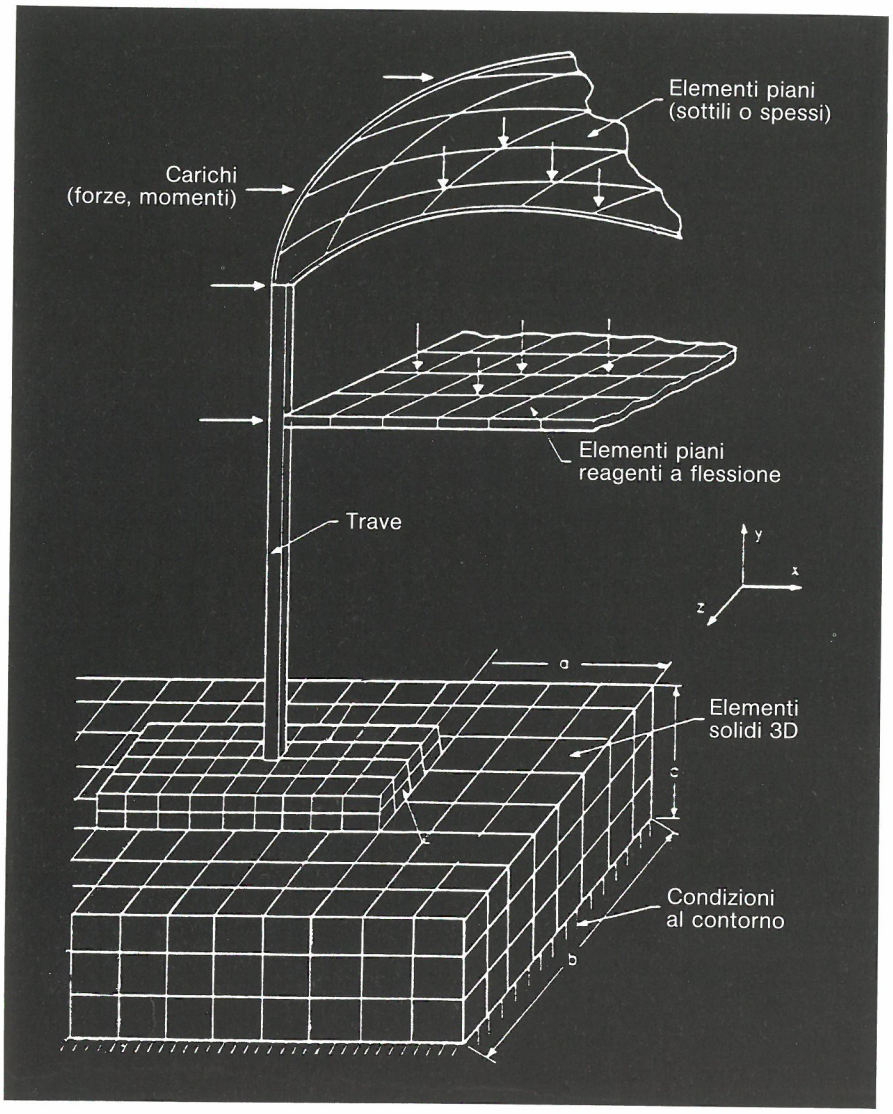


Fig. 4 - Libreria di elementi strutturali (metrici).

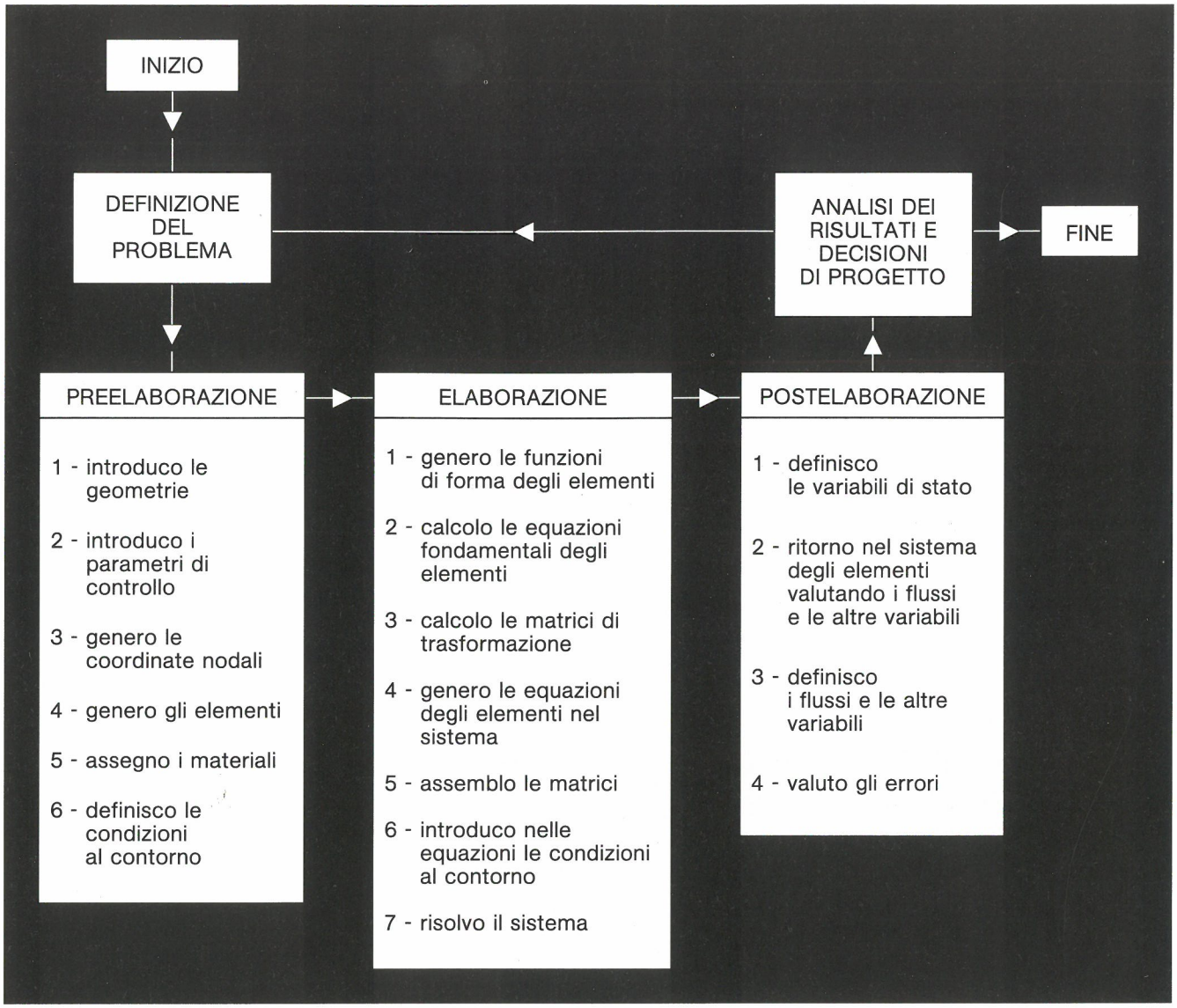
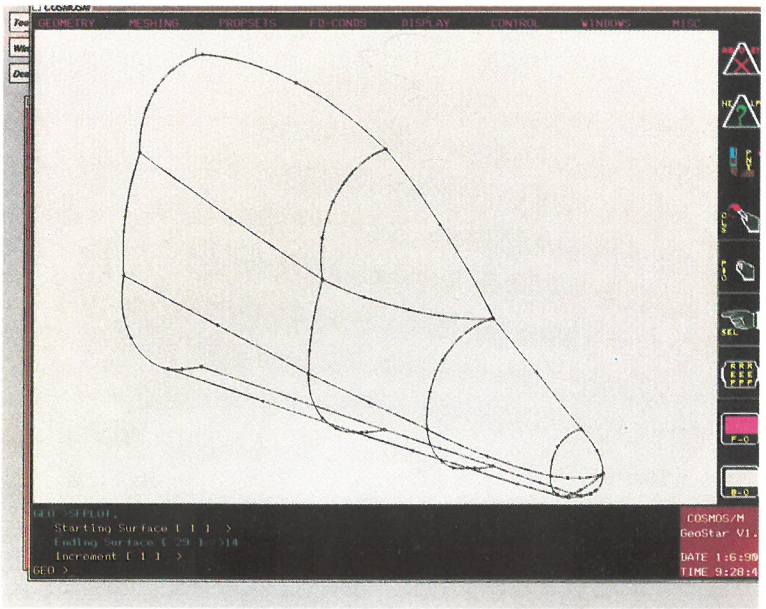


Fig. 5 - Fasi di implementazione su computer del metodo FEM.

Fig. 6 - Definizione delle entità geometriche di base (punti, linee, archi, superfici, volumi) di una struttura.



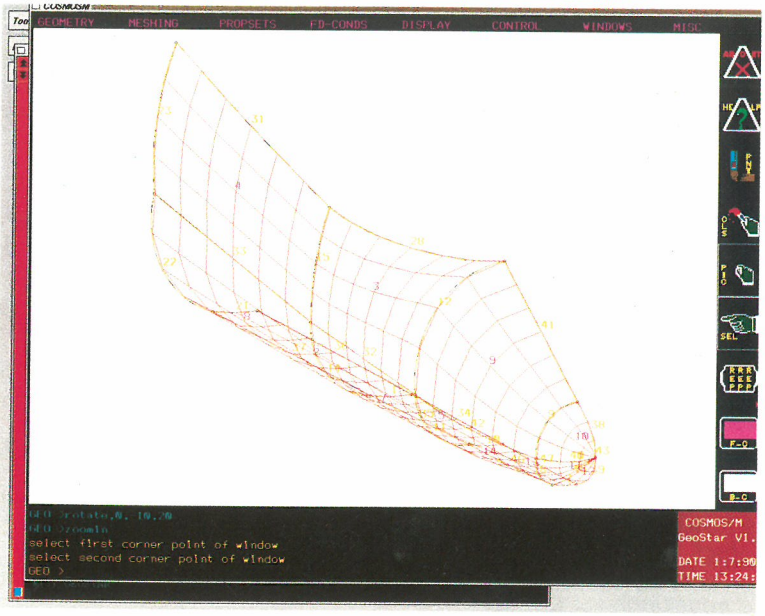


Fig. 7 - Modello parziale ad elementi finiti.

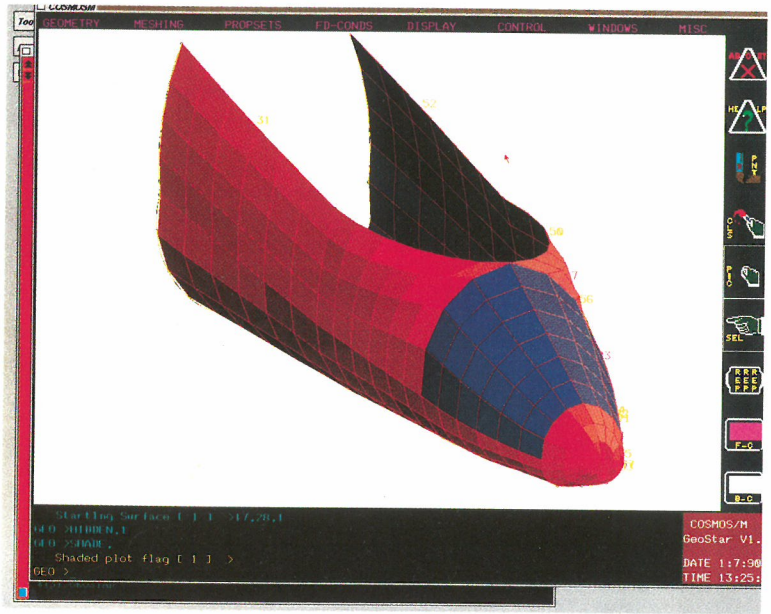


Fig. 8 - Fase ulteriore di modellazione.

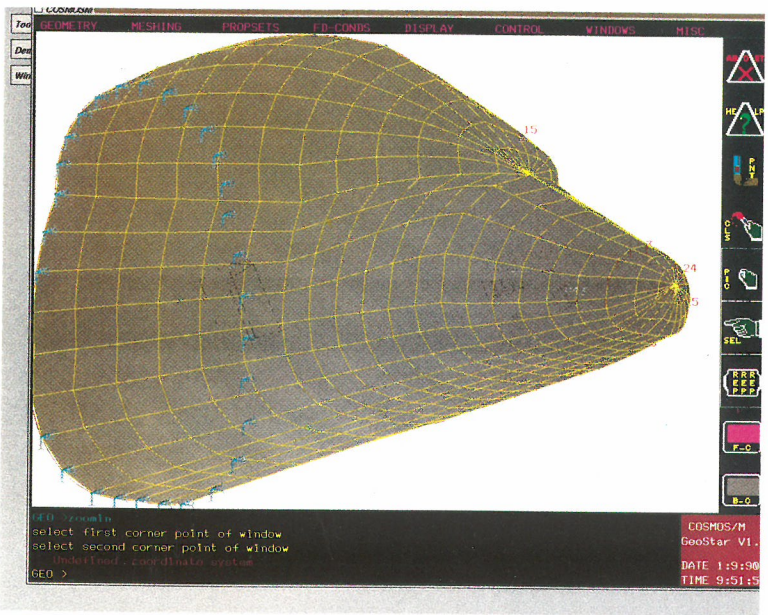


Fig. 9 - Modello finito con applicate le condizioni al contorno.

Fig. 10 - Fase di postelaborazione: spostamenti secondo z .

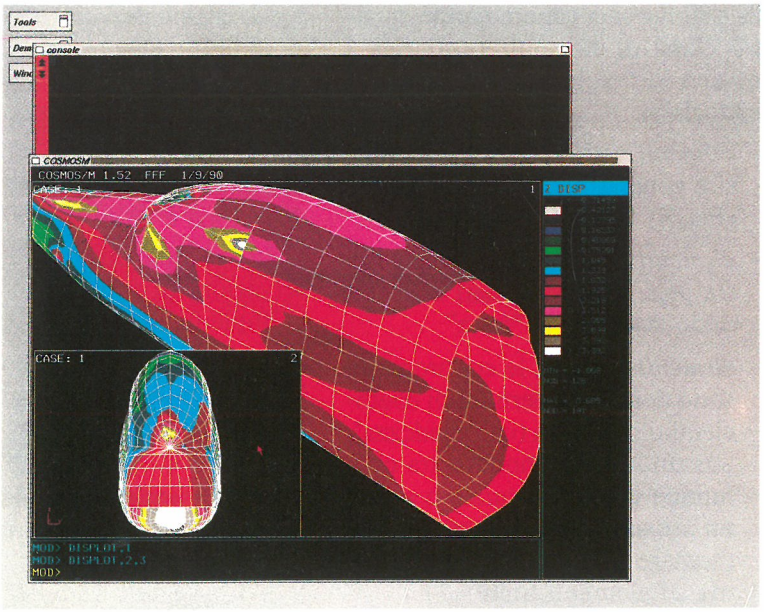


Fig. 11 - Fase di postelaborazione: tensioni secondo z.

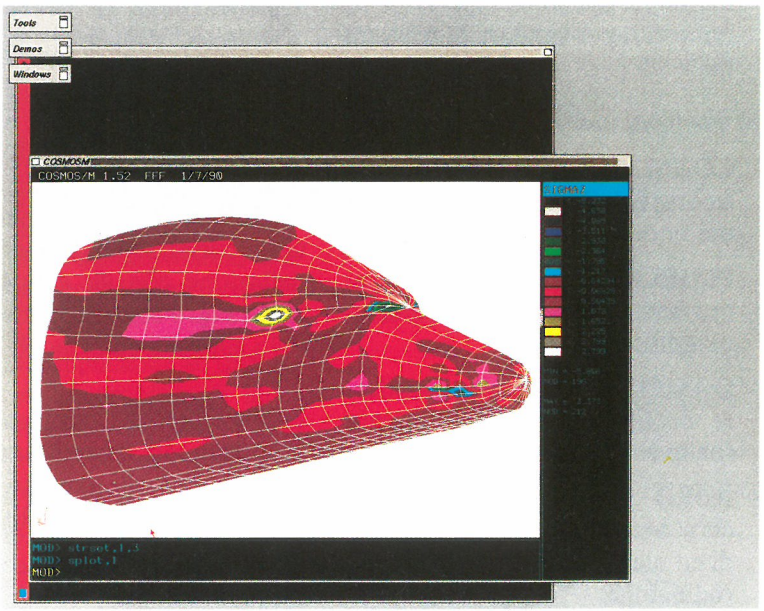
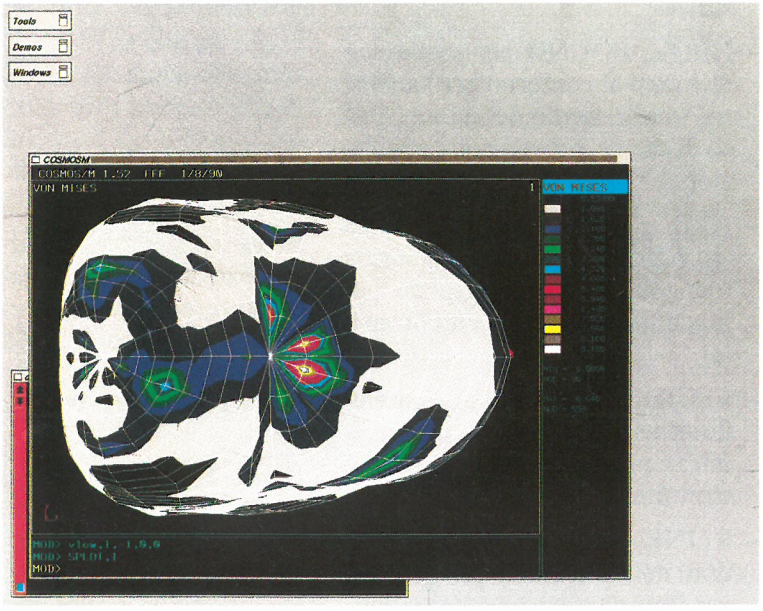


Fig. 12 - Fase di postelaborazione: rappresentazione delle tensioni secondo il criterio di von Mises.



Si definiscono generalmente quattro classi di elementi strutturali, i quali a loro volta sono divisibili in sottoclassi:

- *elementi metrici,* che sono connessi e generati tra i nodi strutturali (Fig. 4)
- *elementi scalari,* che si estendono tra paia di punti scalari o fra un nodo scalare e la "terra"
- *elementi generali,* le cui proprietà sono definite in termini di coefficienti d'influenza (o di rigidezza), possono essere connessi tra qualunque nodo strutturale e servono sostanzialmente ad implementare le capacità del programma ad elementi finiti
- *elementi di vincolo*, che sono utilizzati per introdurre spostamenti imposti o per valutare le reazioni nei nodi.

b) Elementi non strutturali (scalari)

- CONM, MASS si usano per introdurre delle masse concentrate nei nodi
- PLOELE è utilizzato per collegare i nodi solo per rappresentazione grafica
- DAMPING è usato per introdurre coefficienti di smorzamento (nelle soluzioni dinamiche)
- AERO rappresenta superfici o corpi aerodinamici attraverso nodi ed elementi non strutturali aerodinamici
- SPRING per elementi tipo molle scalari
- HBDY, BOUND per introdurre elementi al contorno per l'analisi nel trasferimento del calore (flusso di calore, convenzione e radiazione)
- AXIF e SLOT per analisi acustica (gli AXIF sono elementi di forma triangolare o quadrangolare per modellare elementi fluidi in cavità)
- FLUID, FLOW sono elementi fluidi usati nella teoria idrodinamica per l'interazione fluido-struttura
- RLINK, CLINK sono elementi usati nella trasmissione del calore per irraggiamento e convezione

5. Implementazione del metodo FEM

Ovviamente, tanti più elementi sono inclusi nella libreria di un programma ad elementi finiti, tanto maggiori sono le possibilità di modellazione e di analisi.

Detto ciò, possiamo fare qualche osservazione di carattere generale sulla implementazione del metodo.

I programmi si sono talmente evoluti e semplificati che all'utente il metodo appare solo attraverso i seguenti passi:

- preelaborazione, in cui si modella la struttura e si introducono tutti i parametri d'analisi
- elaborazione, in cui si risolvono le equazioni
- postelaborazione, in cui si stampano o si mettono in forma grafica i risultati

Le funzioni principali inerenti a queste tre fasi sono rappresentate nella figura 5.

Nelle figure 6, 7 e 8 sono rappresentate alcune fasi per giungere alla modellazione con gli elementi finiti. Nella Fig. 9 sono rappresentati i carichi applicati ed i vincoli imposti al modello.

Le Figg. 10, 11 e 12 rappresentano rispettivamente gli spostamenti statici secondo z, gli stress in una direzione e gli stress secondo il criterio di Von Mises.

Preelaborazione

È con questo modulo che l'utente genera le geometrie, sceglie gli elementi, imposta i vincoli ed attribuisce ai nodi o agli elementi le forze e le pressioni a cui la struttura è chiamata a reagire.

In questa fase si fanno le scelte che condizioneranno l'analisi; infatti è in funzione del tipo di elemento e della suddivisione che si realizza che si potranno avere le informazioni necessarie per soddisfare il progetto.

È bene ricordare alcune norme che si devono tenere presenti durante la modellazione. È necessario chiarire subito che un modello realizzato per un'analisi statica quasi sicuramente non sarà adatto a risolvere un problema di vibrazioni o di analisi non lineare.

Per ridurre i tempi di modellazione e, successivamente, di calcolo è bene sfruttare, quando possibile, tutte le simmetrie presenti nella geometria delle strutture.

Nella modellazione è consigliabile usare gli elementi nella loro forma ideale; pertanto gli elementi triangolari dovrebbero essere usati come triangoli equilateri, gli elementi quadrangolari sempre come quadrati e gli elementi solidi (tipo esaedri) come cubi.

Bisogna sempre infittire la magliatura (*mesh*) nelle zone in cui si hanno forti gradienti di stress o grandi variazioni di deformazioni.

Nelle zone di transizione, cioè in quelle parti del modello in cui arrivano elementi di diversi dimensioni, è bene fissare in 2 a 1 i rapporti tra gli elementi.

Fratture, buchi, brusche variazioni nelle sezioni, intersezioni di strutture e impiego di materiali diversi, possono essere considerati al pari di agenti che creano discontinuità negli stress.

Per definire questi problemi bisogna approntare modelli locali; il modello globale fornisce risposte adeguate negli stress lontano dalle zone di discontinuità.

Elaborazione

Generalmente questa fase dovrebbe essere completamente trasparente all'utente, in quanto, a questo stadio, le matrici di rigidezza e di massa degli elementi sono già state assemblate in un'unica matrice di rigidezza K e di massa M e i carichi sono già stati assegnati, come pure le condizioni di vincolo.

In pratica, il problema è già stato completamente definito in precedenza ed in questa fase l'utente si serve solo degli algoritmi di calcolo.

Le equazioni per i problemi più comuni generalmente ricadono in una delle seguenti categorie:

- sistema lineare di equazioni associate a problemi statici scritti in termini di matrici di rigidezza simmetriche

$$[K]\ \{u\} = \{F\}$$

- problema agli autovalori lineari con soluzione in termini di vibrazioni libere

$$[K]\ \{u\} = \omega^2\ [M]\ \{u\}$$

- risposta transitoria di un sistema lineare o non lineare

$$[M]\ \{\ddot{u}\} + f\ (u, \dot{u}) = g\ (u, t)$$

con condizioni iniziali u_o, $\dot{u}_o$ *date.*

Postelaborazione

La presentazione dei risultati dell'analisi agli elementi finiti in una forma immediatamente comprensibile dipende dal modulo di postelaborazione impiegato.

Due sono le funzioni alle quali esso deve rispondere: la prima è la riduzione e la presentazione in forma concisa ed elegante; la seconda è l'assicurazione che i risultati mostrati siano quelli più accurati rapportati al modello generato.

Generalmente i risultati sono presentati in termini di:

- *spostamenti:* le componenti degli spostamenti, per esempio, sono rappresentate mediante deformate della mesh;
- *mappature di contorni* usati per mostrare grandezze scalari, come la temperatura, o componenti di un vettore o di un tensore (per es. massimo stress principale);
- *mappa dei vettori:* sono una rappresentazione alternativa dei vettori di campo, come gli spostamenti o le velocità. Si rappresentano mediante delle frecce di appropriata lunghezza e direzione su ogni nodo;
- *animazione:* per mezzo di questa funzione si possono mostrare i risultati in funzione del tempo, come vibrazioni naturali o variazioni di temperatura;
- *rappresentazione grafiche* immediate di zone particolarmente gravose, in funzione di valori di soglia definiti in precedenza;
- valutazione automatica della bontà del progetto;
- generazione automatica dei risultati in forma presentabile per relazioni

A tutte queste funzioni di base si aggiungono le possibilità di riempimento degli elementi (*fill* o *shade*), di smembramento della struttura in tutti i suoi elementi (*shrink*), di rappresentazione delle strutture con diversi colori, con possibilità di evidenziazione della numerazione dei nodi, degli elementi e delle proprietà con operazioni di zoom e cambiamento di vista.

6. Conclusioni

Il grande successo ottenuto dai programmi che utilizzano il metodo ad elementi finiti è dovuto principalmente alle seguenti ragioni:

- i risultati sono di facile interpretazione fisica ed intuitiva;
- la teoria sui quali essi si basano è ormai solida e relativamente semplice;
- i modelli sono in grado di simulare sistemi complessi per configurazione geometrica ed eterogeneità di materiali (si possono usare materiali con diverse proprietà);
- il metodo è applicabile ad una vasta gamma di problemi e facilmente estendibile a problemi non lineari per comportamento di materiali e/o effetti geometrici;
- il metodo è adatto per essere realizzato su elaboratore, con programmi di calcolo molto versatili.

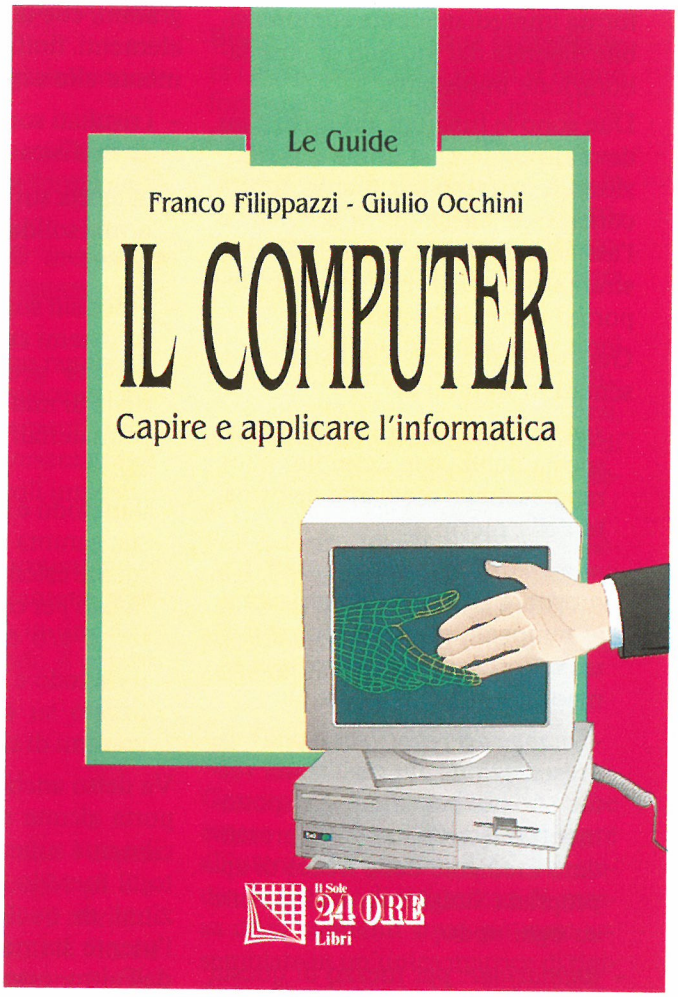
Va detto anche che il metodo comporta alcune difficoltà, peraltro facilmente superabili. Infatti, da un lato, il metodo fornisce più informazioni di quelle che generalmente l'utente ha necessità di conoscere; dall'altro, esso implica una elaborazione molto laboriosa, a causa dell'elevato numero di equazioni da risolvere.

Riferimenti bibliografici

[1] MAIER G., *Introduzione al metodo degli elementi finiti,* Documentazione del Corso di aggiornamento tenuto al Politecnico di Milano, 28-31 ottobre 1986.

[2] KARDESTUNCER H., NORRIE D.H., *Finite Element Handbook,* Mc Graw-Hill, 1987.

Franco Filippazzi, Giulio Occhini
Il computer - Capire e applicare l'informatica
Edizioni del Sole 24 Ore, 1990 (pag. 490)



Il computer è senza dubbio lo strumento che più caratterizza il nostro tempo. Chiunque operi con responsabilità in campo economico, politico, sociale sente fortemente la necessità di capire i fondamenti concettuali di questa macchina, le sue prospettive di evoluzione, le sue potenzialità applicative. Spesso, però, il contatto coll'informatica risulta arduo, perchè la letteratura esistente tende ad oscillare tra i due estremi della divulgazione superficiale da un lato e della ermeticità specialistica dall'altro. Quest'opera si propone di colmare la lacuna, offrendo al lettore la possibilità di entrare nel mondo del computer attraverso una trattazione di taglio divulgativo, ma organica e rigorosa. Senza presupporre alcuna conoscenza specifica, si illustrano i concetti tecnologici e strutturali di base dell'informatica, e se ne descrivono le possibilità di impiego nei principali settori applicativi, dall'ufficio alla fabbrica, dall'ospedale alla scuola. Oltre allo stato dell'arte, si esplorano le prospettive future, delineando le linee di tendenza e i prevedibili sviluppi avvenire.

L'opera si compone di tre parti.
Nella Parte I vengono esaminate le componenti fisiche e logiche del computer, come strumento universale per la manipolazione dei simboli. La trattazione è autosufficiente, nel senso che può essere seguita senza presupporre letture antecedenti. A tale scopo, è stato inserito, all'inizio, un capitolo che richiama i concetti e il lessico di base dell'informatica.

La Parte II è invece dedicata agli scenari applicativi. Le applicazioni del computer ormai non si contano più. Non esiste settore delle attività umane in cui i metodi, le tecniche e gli strumenti informatici non vengano già oggi applicati, o non possano esserlo in futuro. Cercare di rendere "leggibile" questo quadro complesso ed estremamente diversificato è l'obiettivo della seconda parte del volume. Rendere leggibile significa sintetizzare in un numero limitato di pagine una mole immane di materiale, individuando uno schema semplice ma organico di strutturazione ed esposizione della materia.

Nella Parte III sono raccolti alcuni contributi monografici, che riassumono le riflessioni espresse dagli Autori in occasione di recenti dibattiti sul futuro dell'informatica.

Spedizione in abbonamento postale, Gruppo IV, 2° semestre.
Pubblicità Inferiore al 70%.
N. 39, Maggio - Luglio 1990

TAXE PERÇUE
P.P. Tassa riscossa PT Piacenza F. Italia